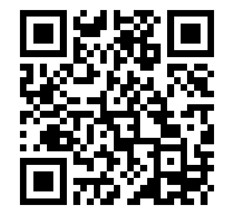
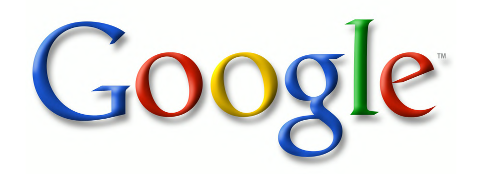






STRECKER

JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

V. JAHRGANG 1916

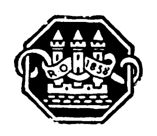
JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

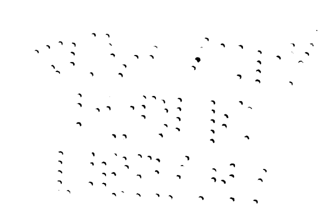
ÜBERSICHT ÜBER DIE WICHTIGEREN ERSCHEINUNGEN AUF DEM GESAMTGEBIETE DER ELEKTROTECHNIK

UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHGENOSSEN HERAUSGEGEBEN VON

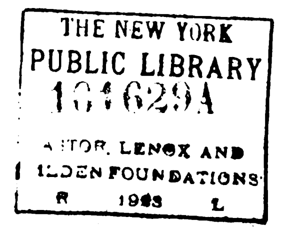
DR. KARL STRECKER

FÜNFTER JAHRGANG
DAS JAHR 1916





MÜNCHEN UND BERLIN 1917
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG



Vorwort.

Das Jahrbuch der Elektrotechnik stellt sich die Aufgabe, über die wichtigeren Ergebnisse und Vorkommnisse des abgelaufenen Jahres zusammenhängend zu berichten. Das große Gebiet ist nach dem aus dem Inhaltsverzeichnis zu ersehenden Plan in zahlreiche Abschnitte zerlegt, und es ist ein zahlreicher Stab Mitarbeiter gewonnen worden, deren jeder ein mit seiner Berufstätigkeit eng zusammenhängendes Gebiet zur Bearbeitung übernommen hat.

Der vorliegende Jahrgang umfaßt die Literatur vom 1. Januar bis 31. Dezember 1916. Infolge des Krieges konnte, wie in den beiden Vorjahren, ein Teil der ausländischen Literatur, besonders französische, englische und belgische Zeitschriften nicht berücksichtigt werden; auch zahlreiche Hefte amerikanischer Zeitschriften sind ausgefallen. Dies wird in den nächsten Jahrgängen nachgeholt werden.

Im übrigen werden in den Literaturangaben dieses Jahrgangs 144 verschiedene Zeitschriften angeführt, darunter etwa 30 nur mit einzelnen oder wenigen Aufsätzen; es fehlen etwa 20 bis 30 Zeitschriften infolge des Kriegszustandes. Von den 144 Zeitschriften sind 35 elektrotechnische Fachzeitschriften (einschl. Elektrochemie und Nachrichtenwesen), 39 Zeitschriften aus anderen Gebieten der Ingenieurwissenschaften, 31 gelehrte Zeitschriften aus den Gebieten der Physik und anderer Naturwissenschaften, 11 aus dem Gebiete der Chemie, 9 medizinische Blätter und 19 Zeitschriften sozial- und rechtswissenschaftlichen sowie volkswirtschaftlichen Inhalts. Eine Auswahl der wichtigeren dieser Zeitschriften sind, soweit Raum vorhanden, auf Seite VII und VIII verzeichnet.

Berlin, Juli 1917.

Strecker.

Inhaltsverzeichnis.

A. Elektromechanik.

B. Elektrochemie.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

Verzeichnis der wichtigsten Zeitschriften.

Abkürzung	Titel der Zeitschrift und Erscheinungsort	Im Jahre 1916 erschienene Bände	Erscheinen [1])
Allg. Automobil-Ztg. .	Allgemeine Automobilzeitung (Berlin)	Jg 17	w
Ann. Phys.	Annalen der Physik (Leipzig)	R 4, Bd 49, 50, 51	hm
Arbeiter-Versorg.. . .	Arbeiter-Versorgung (Berlin-Lichterfelde). . . .	Jg 34	m 3
Arch. El.	Archiv für Elektrotechnik (Berlin)	Bd 4, 5	j 12
Arch. Post Telegr.. .	Archiv für Post und Telegraphie (Berlin). . .	Jg 44	hm
Automobilwelt-Flugw.	Automobilwelt-Flugwelt (Berlin)	Jg 14	w
Ber. D. Chem. Ges. .	Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft (Berlin)	Jg 49	j 18
Berl. Ber.	Sitzungsberichte der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften (Berlin)	1916	w
Bull. Bur. Standards	Bulletin of the Bureau of Standards (Washington)	Bd 12	
Bull. Schweiz EV . .	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (Zürich)	Jg 7	m
C. R.	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences (Paris)	Bd 162, 163	w
Chemikerztg.	Chemiker-Zeitung (Köthen)	Jg 40	w 3
Concordia	Concordia, Zeitschr. d. Zentralstelle f. Volkswohlfahrt (Berlin)	Jg 23	hm
D. Straß. u. Klb. Ztg..	Deutsche Straßen- u. Kleinbahn-Zeitung (Berlin)	Jg 29	w
El. Anz.	Elektrotechnischer Anzeiger (Berlin)	Jg 33	hw
El. Kraftbetr.	Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen (München und Berlin)	Jg 14	m 3
El. Masch.-Bau . . .	Elektrotechnik und Maschinenbau (Wien) . . .	Jg 34	w
El. Rev. (Ldn.) . . .	The Electrical Review (London)	Bd 78, 79	w
El. Rlwy. Jl.	Electric Railway Journal (New York).	Bd 47, 48	w
El. World	Electrical World (New York)	Bd 67, 68	w
Elchem. Zschr. . . .	Elektrochemische Zeitschrift (Berlin)	Bd 22, 23	m
Electr. (Ldn.)	The Electrician (London)	Bd 76, 77 78	w
Elektromobil (Wien) .	Das Elektromobil (Wien).	Jg 1	m
ETZ	Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin)	Jg 37	w
Gen. El. Rev.	General Electrical Review (New York)	Bd 19	m
Helios	Helios, Fach- und Export-Zeitschrift für Elektrotechnik (Leipzig)	Jg 22	w
J. Am. Chem. Soc. .	Journal of the American Chemical Society (New York)	Bd 38	m

[1]) j, m, hm, w bedeuten jährlich, monatlich, halbmonatlich, wöchentlich; m 3 = monatlich 3 Hefte.

Abkürzung	Titel der Zeitschrift und Erscheinungsort	Im Jahre 1916 erschienene Bände	Erscheinen
J. Télégr.	Journal télégraphique (Bern)	Bd 40	m
JB drahtl. Telegr.	Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie (Leipzig)	Bd 12, 13	j 8
Met. Chem. Eng.	Metallurgical and Chemical Engineering (New York)	Bd 14	m
Meteor. Z.	Meteorologische Zeitschrift (Braunschweig)	Bd 33	m
Mitt. BBC.	Mitteilungen von Brown, Boveri & Co. (Mannheim)	Jg 3	m
Mitt. Ver. EW.	Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke (Dresden)	Jg 15	m
Motorschiff	Das Motorschiff und Motorboot (Berlin)	Jg 13	hm
Naturwiss.	Die Naturwissenschaften (Berlin)	Bd 4	w
Phil. Mag.	The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science (London)	R 6, Bd 31, 32	m
Phys. Rev.	The Physical Review (Lancaster u. Ithaca)	R 2, Bd 7, 8	m
Phys Z.	Physikalische Zeitschrift (Leipzig)	Jg 18	hm
Proc. Am. Inst. El. Eng.	Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers (New York)	Bd 35	m
Proc. Roy. Soc. Ldn.	Proceedings of the Royal Society of London (London)	Reihe A Bd 93, 94	
Schweiz. Bauztg.	Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	Bd 67, 68	w
Sozialtechnik	Sozial-Technik (Berlin)	Jg 15	m
Telegr.- u. Fernspr.-Techn.	Telegraphen- und Fernsprechtechnik (Berlin)	Jg 4, 5	hm
Verh. D. Phys. Ges.	Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (Braunschweig)	Jg 18	j 24
Wien. Anz.	Anzeiger der Kais. Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse (Wien)	1916	
Wien. Ber.	Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse, Abt. IIa (Wien)	Bd 125	j 10
Z. angew. Chem.	Zeitschrift für angewandte Chemie (Leipzig)	Bd 29	w 2
Z. anorg. Chem.	Zeitschrift für anorganische Chemie (Hamburg und Leipzig)	Bd 94—98	
Z. Beleucht.	Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Heizungs- u. Lüftungstechnik (Berlin)	Jg 22	m 3
Z. Eisenb. Sicherungswes.	Zeitschrift für das gesamte Eisenbahn-Sicherungswesen (Das Stellwerk (Berlin)	Jg 11	hm
Z. Elchemie	Zeitschrift für Elektrochemie (Halle a. S.)	Bd 22	hm
Z. Instrk.	Zeitschrift für Instrumentenkunde (Berlin)	Jg 36	m
Z. phys. Chem.	Zeitschrift für physikalische Chemie (Leipzig)	Bd 91, 92	j 18
Z. Ver. D. Ing.	Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (Berlin)	Bd 60	w
Ztg. Ver. D. Eisenb. Verw.	Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen (Berlin)	Jg 56	w 2

Sonstige Abkürzungen.

DRP, EP, FP, USP: Deutsches, englisches, französisches, amerikanisches Patent.
R, Bd, Jg: Reihe, Band, Jahrgang.
JB 1914, 1915: Jahrbuch der Elektrotechnik, Jahrgang 1914, 1915.
AEG, BBC, BEW, H & B, MAN, S & H, SSW: Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft; Brown, Boveri & Co.; Berliner Elektrizitätswerke; Hartmann & Braun; Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg; Siemens & Halske; Siemens-Schuckertwerke.

I. Allgemeines.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1916. Von Prof. Dr. Otto Edelmann, Nürnberg. — Vereinswesen und Kongresse. Von Prof. Dr. Otto Edelmann, Nürnberg. — Bildungswesen. Von Prof. Dr. Joseph Epstein, Frankfurt a. M. — Sozial-Technisches. Von G. Osenbrügge, Berlin. — Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik. Von Justizrat Dr. O. Zimmer, Berlin. — Technisch-Wirtschaftliches. Von Dipl.-Ing M. von Uslar, Berlin. — Technische Vorschriften und Normalien. Von Generalsekretär Georg Dettmar, Berlin.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1916.

Von Prof. Dr. Otto Edelmann.

Der Weltkrieg hat im Berichtsjahr noch weitere Kreise gezogen — kein Wunder, daß jegliche Friedensarbeit noch weiter zurückgedrängt worden ist, daß daher auch das Ausstellungswesen noch mehr zurückgegangen ist. Nicht nur die Kriegführenden, sondern auch die Neutralen sind zur Kriegswirtschaft gezwungen. Die Ausbeute an Ausstellungsberichten ist daher sehr gering. Die spärlichen Nachrichten, die von außen zu uns gelangen, mögen noch manche Lücke verschulden.

Deutschland.

Besonderes Interesse verdiente die Ausstellung von Ersatzstoffen, welche gelegentlich des Verbandstages in **Frankfurt a. M.**[1]) erstmalig gezeigt und von da nach **Berlin**[2]) überführt wurde. Die Ausstellung, nur für Fachgenossen gegen Vorweis zugänglich, bot eine Fülle des Interessanten und bewies, daß die deutsche Technik sich auch in den schwierigsten Lagen zurechtzufinden weiß.

In **Charlottenburg**[3]) war die Ständige Sonderausstellung für künstliche Glieder, die selbstverständlich auch für die elektrische Industrie von großer Wichtigkeit ist.

In **Kolberg**[4]) war eine Ausstellung der Elektrizitätsverwertung im Haushalt Ende Juni bis Mitte Juli. Sie wurde von rd. 1000 Personen besucht, was beweist, daß trotz der Kriegszeit das Interesse an den Anwendungen der Elektrizität nicht zurückgegangen ist. — Ferner verdient eine ungefähr gleichzeitig vom Städtischen Tiefbauamt in **Königsberg**[5]) veranstaltete Industrieausstellung Erwähnung, auf der auch Elektrotechnisches zu Wort gekommen war.

Das Jahr 1916 brachte uns einige literarische Erscheinungen, die für das Ausstellungswesen nicht ohne Interesse sind. Vor 25 Jahren hatte die erste elektrotechnische Ausstellung in **Frankfurt a. M.**[6]) [7]) stattgefunden. Bei der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker wurde dieses Marksteins in geziemender Weise gedacht. — Die Ständige Ausstellungskommission für die deutsche Industrie[8]) hat ein Büchlein herausgegeben: „Mustergruppen für die Fachausstellungen“, welches dazu bestimmt ist, das deutsche Ausstellungswesen nach glücklich beendetem Krieg gleich in die seit langem angestrebten Bahnen zu leiten.

Europäisches Ausland.

In **Wien**[9]) fand eine Kriegsausstellung statt, die auch viele für Elektrotechniker bemerkenswerte Objekte enthielt, so Telegraphen- und Telephon-



apparate aller feindlichen Staaten, elektrische Minenzündung, elektro-medizinische Apparate und sonstige Apparate für Heer und Marine.

In **Brüssel**[10]) war eine Ausstellung für soziale Fürsorge, bei der die elektrische Großindustrie Deutschlands in sehr bemerkenswerter Weise vertreten war.

In der **Schweiz** sind ein paar kleinere Veranstaltungen zu verzeichnen. Eine schwimmende Ausstellung wurde auf dem **Vierwaldstättersee**[11]) veranstaltet und zwar von fremden Erzeugnissen, von denen man glaubt, daß sie auch in der Schweiz hergestellt werden könnten. Die reichhaltige Ausstellung enthielt auch eine größere elektrische Abteilung für Stark- und Schwachstrom mit ausschließlich fremden Erzeugnissen. — In **Lausanne**[12]) wurde am 3. Oktober eine Elektrizitätsausstellung „Haushaltung und Kleinindustrie" eröffnet.

London. Die englischen Veranstaltungen stehen, so weit wir darüber unterrichtet sind, unter dem Zeichen des Handelskrieges. So fand in London eine Ausstellung Deutscher Fabrikanten-Kataloge[13]) statt, worunter natürlich auch von elektrischen Firmen. Mit gewisser Bewunderung wurde hervorgehoben, daß ein Teil unserer Kataloge in drei und vier, einige sogar in sechs Sprachen abgefaßt sind. — Im Februar fand ebendort eine Britische Industrieausstellung[14]) statt, von der es heißt, daß sie zwar wenig elektrische Ausstellungsgegenstände aufwies, aber dadurch bemerkenswert gewesen sei, daß man viele Neuheiten sah, die, früher von Deutschland bezogen, jetzt im eigenen Land hergestellt werden. — Für März 1917 ist eine Industrieausstellung in **London**[15]) geplant.

Übersee.

In **Tunis**[16]) werden deutsche und österreichische Kataloge ausgestellt.

Aus Amerika gelangten zu uns spärliche Nachrichten. Die jährliche Automobilschau hat in **New York**[17]) [18]) stattgefunden. Das Elektromobil spielt in Amerika eine größere Rolle als bei uns. — Eine transportable Ausstellung „Die Elektrizität in der Landwirtschaft"[19]) wurde von verschiedenen Gesellschaften veranstaltet. — Eine Ausstellung von Wasserkrafteinrichtungen in **Massachusetts**[20]) wird erwähnt. Es seien da interessante Angaben über „the biggest things" gegeben gewesen. Darauf kommt es bekanntlich in Amerika vorzugsweise an.

Diesen wenigen Ausstellungen ist fast durchwegs gemeinsam, daß sie das Bestreben zum Ausdruck bringen, das eigene Land unabhängig vom Ausland zu machen. Es wird sich aber herausstellen, daß bei der Wiederkehr friedlicher Zeiten die Nationen ebenso wie früher auf einander angewiesen sind; gerade das Ausstellungswesen wird es sein, welches Brücken über jetzt unüberwindlich scheinende Klüfte schlagen wird.

[1]) ETZ 1916, S 561, 573, 612. — [2]) ETZ 1916, S 648. — [3]) El. Kraftbetr. 1916, S 89. — [4]) ETZ 1916, S 489. — [5]) Elektrotechn. Rundschau 1916, S 100. — [6]) El. Anz. 1916, S 350, 360. — [7]) ETZ 1916, S 453. — [8]) El. Kraftbetr. 1916, S 10. — [9]) El. Masch.-Bau 1916, S 154, 183. — [10]) Mitt. BEW 1916, S 157. — [11]) Elektroindustrie 1916, S 273. — [12]) ETZ 1916, S 586. — [13]) Elektrotechn. Rundschau 1916, S 201. — [14]) Electr. (Ldn.) Bd76, S 753. — [15]) Elektrotechn. Rundschau 1916, S 92. — [16]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 29. — [17]) El. World Bd 67, S 115. — Elektrotechn. Rundschau 1916, S 171. — [18]) El. World Bd 67, S 200, 661. — [19]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 569.

Vereinswesen und Kongresse.

Von Prof. Dr. Otto Edelmann.

Deutschland.

Während im Jahre 1915 der Verband Deutscher Elektrotechniker keine Jahresversammlung abgehalten hatte, wurde 1916 eine solche in Frankfurt a. M.[1]) veranstaltet (650 Teilnehmer). Diese Tagung bot in ihrer Gesamtheit ein charakteristisches Spiegelbild des deutschen Wesens unserer Zeit. Die

Bereitschaft gegenüber den Nöten der Zeit wurde in glänzender Weise durch die Ausstellung der Ersatzstoffe der Elektrotechnik dargetan. Der deutschen Vorsorglichkeit für die Zukunft entsprach das Thema des Verbandstages: Elektrische Großwirtschaft. Bei allen Sorgen für Gegenwart und Zukunft hat der Deutsche aber immer noch Zeit für eine pietätvolle Würdigung der Vergangenheit. Jene denkwürdige erste elektrische Ausstellung im Jahre 1891 bot den Versammelten manche erhebende Erinnerung, um so mehr, als zwei hochverdiente Männer der Elektrotechnik, Oskar von Miller und M. Dolivo-Dobrowolsky, die damals schon Führer waren, der Tagung anwohnten. Im übrigen muß auf die ausführlichen Berichte der Fachpresse verwiesen werden.

Die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft[2]) hielt ihre 3. Hauptversammlung am 16. September in Nürnberg. Der eigentlichen Sitzung ging eine unter Ausschluß der Öffentlichkeit gehaltene Aussprache über „Nomenklatur" und „Sommerzeit" voraus. In der Hauptsitzung referierten Norden über „Die Technik der Kathodenstrahlen", Monasch über „Beleuchtungstechnik", A. Meyer über „Die Grenzen der Lichterzeugung" und Halbertsma über „Fabrikbeleuchtung". — Der Bericht über die 2. Jahresversammlung[3]) war erst im Berichtsjahr erschienen.

Die 14. Jahresversammlung des Verbandes der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland[4]) fand am 25. Juni in Frankfurt a. M. statt. Die Ausbildung des gewerblichen Nachwuchses nahm das Hauptinteresse in Anspruch. Außerdem wurde über „Praktische Lichttechnik" (Halbertsma) gesprochen.

Am 28. April tagte die 1. Mitgliederversammlung des Bundes der Elektrizitätsversorgungsunternehmungen Deutschlands[5]) in Berlin. Die in diesem Bund vereinigten Unternehmungen vertreten ein Kapital von 2 Milliarden Mark. Verhandlungsgegenstände waren u. a. die Einführung des Warenumsatzstempels und die Sommerzeit.

Eine sehr wichtige Gründung war die des Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine[6]). Diese Vereinigung des Vereins Deutscher Ingenieure, des Verbandes Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, des Vereins Deutscher Chemiker, des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und der Schiffbautechnischen Gesellschaft vertritt nahezu 60000 Mitglieder. Es sollen auch Beziehungen zu den verwandten Organisationen der verbündeten Länder enger geknüpft werden. Die Geschäftsstelle befindet sich in Berlin NW. 7, Sommerstr. 4a.

Am 23. Oktober wurde in Berlin ein Reichsverband für die deutsche Metallindustrie[7]) ins Leben gerufen. Die Veranlassung zur Gründung war das Bedürfnis, der übrigen metallbearbeitenden Industrie eine ähnliche machtvolle Organisation zu verschaffen, wie sie der Elektrotechnik und dem Maschinenbau bereits zur Verfügung stehen. Natürlich spielt die Wahrung der wirtschaftlichen Interessen zur Jetztzeit und für die Übergangswirtschaft zunächst die wichtigste Rolle.

Die 13. Versammlung des Vereins Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen[8]) wurde im März 1916 abgehalten.

Gelegentlich des Verbandstages in Frankfurt a. M. trat auch die Vereinigung der Elektrogroßisten und -Vertreter e. V.[9]) (Sitz in Leipzig) zu ihrer Generalversammlung zusammen.

Die Vereinigung der Elektrizitätswerke[10]) tagte am 17. November in Berlin. Es wurde über die Zentralisierungsbestrebungen in der Elektrizitätsversorgung gesprochen. Auch über die Elektrizitätssteuer und die Kohlenversorgung wurde berichtet.

Die Wirtschaftliche Vereinigung der Elektrizitätswerke[11]) hielt ihre Hauptversammlung am 6. September in Berlin.

Im vergangenen Jahr wurde ein Verband der Fabrikanten von Taschenlampenhülsen[12]) gegründet. — Beachtung verdient ferner die Gründung eines Verbandes der Mitteleuropäischen Ingenieur-Vereine[13]).

Der Verein Deutscher Ingenieure[14]) tagte am 26. und 27. November in Berlin. — Aus der Tagung des Vereins Deutscher Maschineningenieure[15]) sind für uns hauptsächlich Mitteilungen über neuere elektrische Vollbahnbetriebe bemerkenswert. — Die 149. Hauptversammlung der Gießereifachleute[16]) am 18. Juni (in Berlin) brachte folgende, auch für Elektrotechniker wichtige Referate: Brennstoffvergeudung, Metallprüfung mittels Röntgenstrahlen, elektrische Erzeugung von Eisen und Stahl.

Österreich-Ungarn.

Die 34. ordentliche Generalversammlung des Wiener Elektrotechnischen Vereins[17]) war am 29. März. Es wird über die Kriegsvorschriften berichtet, über Metallbeschaffung; Ersatzmaterial, Maschinenvermittlungsstelle, Kriegsfürsorgeaktion, Stellenvermittlung waren durch die Zeit bedingte Themen für Kommissionsberichte und Beratungen.

Die Vereinigung österreichischer und ungarischer Elektrizitätswerke[18]) trat in Wien am 27. Juni zusammen. Beratungsgegenstände waren: Vereinbarung einer einheitlichen Maschinenversicherung, Erleichterung der gegenwärtigen Sicherheitsvorschriften, Freigabe von Materialien, Ersatzstoffe, militärische Zurückstellungen, Strompreiserhöhung. Gleichzeitig fand die Generalversammlung der Einkaufsgenossenschaft der Elektrizitätswerke statt. Beraten wurde über die Bedingnisse von Prüfung von Metalldraht- und Halbwattlampen.

Europäisches Ausland.

Außer seiner Jahresversammlung hielt der Verband Schweizer Elektrizitätswerke[19]) noch eine außerordentliche Generalversammlung ab.

Mitte Oktober fanden in Baden (Schweiz) die Jahresversammlungen der Schweizer Elektriker, des Verbandes Schweizerischer Installationsfirmen und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke statt[20]). In der Verbandsversammlung wurde über Heiz- und Kochapparate, Untersuchungen an Ölschaltern, Unfallversicherung, Kupferbeschaffung und die Schweizer Prüfanstalten berichtet.

Der voriges Jahr gegründete Schweizer Lieferanten-Verband[21]) hielt seine 1. Hauptversammlung ab. — Ein Verband Schweizerischer Spezialfabriken der Elektrotechnik[22]) wurde gegründet. — In der 6. Hauptversammlung des Schweizer Wasserwirtschaftsverbandes[23]) wurde auch über elektrische Installation gesprochen.

England. Wir können über englische Veranstaltungen nur einiges berichten. In der englischen Fachschrift „The Electrician" finden sich allerlei Dinge, die mit der Wissenschaft eigentlich nichts zu tun haben, so Programme des Freiwilligenkorps der Ingenieurvereine mit Waffenübungen, Parademärschen und dergleichen. Die Institution of Electrical Engineers glaubte dadurch das Vaterland und die Wissenschaft retten zu müssen, daß sie am 25. Mai eine eigene Versammlung einberief, um feindliche Ausländer auszuschließen. Treffende Bemerkungen machte darüber die ETZ.[24]).

Am 11. Mai hielt die Institution of Electrical Engineers[25]) ihre jährliche Generalversammlung ab, auf der ein nicht uninteressanter Jahresbericht erstattet wurde.

Dies kann man weniger von der Jahresversammlung der Incorporated Municipal Electrical Association[26]) sagen. Nur das Komitee für elektrische Fahrzeuge bot einen bemerkenswerten Bericht. Man beschäftigte sich auch mit dem Handel nach dem Kriege.

Das Programm der Jahresversammlung der Illuminating Engineering Society[27]) war eingeteilt in a) Photometrie, Lichtmaße und Farbenuntersuchungen, b) Elektrizität, Gas und andere Lichtquellen, c) Beleuchtungsanwendungen, d) Allgemeines.

Die Sektion Manchester der Institution of Electrical Engineers[28]) hielt ihre Generalversammlung am 4. April; auf ihr berichtet Rutherford über neue Untersuchungen an X-Strahlen.

Die Städtischen Straßenbahn-Unternehmungen Englands[29]) tagten zum zehntenmal in Glasgow im September. Es wurden Straßenbahnzähler behandelt.

In London war die 15. Jahresversammlung der Municipal Tramways Association[30]) (am 21. und 22. September), ferner der 8. Kongreß der Tramways and Light Railways Association[31]).

Frankreich.

Über Kongresse und Versammlungen ist nichts bekannt geworden. Es scheint, daß die regelmäßige Sitzung der einzelnen Verbände, insbesondere aber der Union des Syndicats de l'Électricité, das Bedürfnis nach einem größeren Kongreß im Kriegsjahre nicht hat aufkommen lassen. Diese Union besteht aus folgenden einzelnen Vereinigungen: Syndicat des Forges Hydrauliques, de l'Électrométallurgie, de l'Électrochimie et des Industries qui s'y rattachent, Syndicat professionnel des Industries Électriques, Syndicat professionnel des Industries Électriques du Nord de la France, Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz, Syndicat professionnel des Usines d'Électricité, Chambre Syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs Électriciens. Wie man sieht, hat man in Frankreich eine Gesamtorganisation des Faches, wie sie bei uns auch zu wünschen wäre. Während die grossen fachwissenschaftlichen Verbände sich bei uns zusammengetan haben, findet sich im eigentlichen engeren Fach immer noch eine zu große Divergenz.

Die angestrebte fachliche Konzentration in Frankreich findet auch dadurch einen sehr charakteristischen Ausdruck, daß ab 1. Januar 1917 die Revue Électrique mit der La Lumière Électrique sich zu einer einzigen Revue Générale de Électricité vereinigten.

Übersee.

Eine echt amerikanische Veranstaltung war eine gleichzeitige Versammlung des Verbandes Amerikanischer Elektroingenieure[32]) in sechs Städten durch Telephonverbindung. Zu den überall gleichzeitig gehörten Rednern gehörte auch der Erfinder des Fernsprechers Graham Bell. Auch abgestimmt wurde durch den Draht. Als Höhepunkt der Veranstaltung wurde bezeichnet, daß sich 5000 Männer „telephonisch" von den Sitzen erhoben und sich gegenseitig den Yankee-Doodle vorsangen! Welcher geistige Nutzeffekt!

Die ETZ[33]) bringt eine interessante Statistik der Mitgliederbewegung in den amerikanischen Ingenieurvereinen.

Vom 27. Dezember bis 8. Januar tagte der Panamerikanische wissenschaftliche Kongreß[34]), dessen 5. Sektion, Ingenieurwesen mit einer elektrischen Untersektion, einige interessante Referate aufweist.

Die Jahresversammlung der Electric Vehicle Association of America[35]) stellte eine Reihe von Grundsätzen auf zur Hebung der Verbreitung des Elektromobils. — Diese Gesellschaft vereinigte sich im vergangenen Jahr mit der N.E.L.A.[36]).

Die 12. Jahresversammlung der American Wood Preservers Association[37]) zu Chicago im Januar hat für die Elektrotechnik insofern Interesse, als die Imprägnierung am Stangenfußende behandelt wurde.

Die Fabrikanten elektrotechnischer Bedarfsartikel[38]) tagten am 16. März in New York.

Vorjährigen Blättern entnehmen wir noch Berichte über Veranstaltungen des Jahres 1915, nämlich über die Versammlung des American Institute of Electrical Engineers[39]), ferner über den Internationalen Ingenieurkongreß 1915[40]) in San Francisco.

Gleichfalls als Nachtrag für 1915 sollte der Bericht des 1. Jahrestages der Städtischen Elektroingenieure[41]) in Südafrika in Johannisburg erwähnt werden. Es wurde über Wasserhaltung in Minen und über Elektrizitätstarife gesprochen.

Es ist wohl auch ein Zeichen der Zeit, daß sich überall das Bestreben geltend macht, die einzelnen Fachvereine zu größeren Organisationen zusammenzufassen. Eine immer noch zu große Zersplitterung zeigt unser Vereinswesen auf dem Gebiete der Elektrotechnik. Vieles, was jetzt in soundsovielen Vereinen getrennt behandelt wird, könnte zusammenfassend und gemeinsam bearbeitet werden. Dadurch könnte viel Zeit und Mühe gespart werden. So manche Vereinigung könnte als Sektion oder Untergruppe des Verbands genügend selbständig und doch in engerem Zusammenhang mit ihm arbeiten.

[1]) ETZ 1916, S 238, 265, 293, 313, 419, 432, 449, 461, 573. — Epstein, ETZ 1916, S 453. — Das Elektrizitätswerk 1916, S 48. — Helios Fachz. 1916, S 200. — Mitt. Ver. EW 1916, S 257. — [2]) Jl. Gas Wasser 1916, S 17. — ETZ 1916, S 639, 653, 665. — Die Elektrizität 1916, S 543. — [3]) ETZ 1916, S 21, 37. — [4]) Die Elektrizität 1916, S 400, 441. — Mitt. Ver. EW 1916, S 219. — Elektroindustrie 1916, S 284. — ETZ 1916, S 377. — El. Masch.-Bau 1916, S 225 (Anhang Heft 42). — [5]) El. Masch.-Bau 1916, S 234. — Die Elektrizität 1916, S 297. — El. Kraftbetr. 1916, S 180, 343. — [6]) ETZ 1916, S 322. — [7]) Mitt. Ver. EW 1916, S 392. — [8]) El. Kraftbetr. 1916, S 128. — [9]) El. Anz. 1916, S 325. — [10]) El. Anz. 1916, S 814, 822. — Mitt. Ver. EW 1916, S 341. — [11]) Mitt. Ver. EW 1916, S 310. — [12]) El. Anz. 1916, S 63. — [13]) Helios Fachz. 1916, S 421. — [14]) Elektrotechn. Rundschau 1916, S 201. — [15]) El. Kraftbetr. 1916, S 59. — [16]) ETZ 1916, S 309, 365. — Elektrotechn. Rundschau 1916, S 97, 133, 141, 149. — [17]) El. Masch.-Bau 1916, S 217. — [18]) El. Masch.-Bau 1916, S 349. — Mitt. Ver. EW 1916, S 390. — [19]) Bull. Schweiz. EV 1916, S 309, 313. — Elektrotechn. Rundschau 1916, S 4. — [20]) Bull. Schweiz. EV 1916, S 220, 232, 241, 246, 257, 286, 305. — ETZ 1916, S 110, 687. — Elektrotechn. Rundschau 1916, S 194. — Elektroindustrie 1916, S 364, 444, 488. — [21]) Elektroindustrie 1916, S 203. — [22]) ETZ 1916, S 520, 509. — Bull. Schweiz. EV 1916, S 211. — [23]) Elektroindustrie 1916, S 283. — [24]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 815; Bd 77, S 292. — ETZ 1916, S 377. — [25]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 218. — [26]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 379, 430, 433. — [27]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 224. — [28]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 38. — [29]) El. Kraftbetr. 1916, S 138. — Elektrotechn. Rundschau 1916, S 45. — [30]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 939. — [31]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 463. — [32]) El. Masch.-Bau 1916, S 253. — [33]) ETZ 1916, S 530. — Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, Heft 3. — [34]) El. World Bd 67, S 2, 73. — [35]) El. World Bd 66, S 902. — Helios Fachz. 1916, S 264. — [36]) El. World Bd 67, S 416. — [37]) El. Masch.-Bau 1916, S 542. — El. Rlwy. Jl. Bd 47, Heft 4. — [38]) El. World Bd 67, S 593. — [39]) ETZ 1916, S 54. — [40]) El. Masch.-Bau 1916, S 70. — [41]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 512.

Bildungswesen.

Von Prof. Dr. J. Epstein.

Die sich überall immer mehr durchsetzende Erkenntnis, daß für die Eignung des jungen Ingenieurs in erster Linie nicht das erworbene Fachwissen, sondern seine Persönlichkeit, Fähigkeiten, Arbeitsweise maßgebend sein werden, tritt in einer Artikelreihe der Electrical World „Opportunities for the young electrical Engineer“ [1]) besonders scharf in Erscheinung. Eine amerikanische Universität beurteilt bereits seit Jahren ihre fortgeschrittenen Studierenden statt nach Fachleistungen in bezug auf Eigenschaften wie Begabung, Gewandtheit, Selbstvertrauen, Fleiß, Zuverlässigkeit, wobei noch bemerkenswert ist, daß bei Bildung des Urteils ältere Studierende mitwirken. — Mag auch die von einem Mitarbeiter der obigen Artikelreihe aufgestellte Scheidung nach der Veranlagung in „business type“ und „laboratory type“ keine glückliche sein, und findet die Zuteilung der erforderlichen Eigenschaften auch mit Recht Widerspruch, so ist doch der Hinweis zu begrüßen, daß bei der Wahl der Be-

tätigung der junge Ingenieur sich weniger durch seine Vorliebe für einen Fachzweig, als durch die Art der Tätigkeit in ihrem Verhältnis zu seinen Eignungen und Fähigkeiten leiten lassen soll. Für die Ausbildung des Spezialisten z. B. für den Elektrizitätswerkbetrieb schätzen die Universitäten das Zusammenarbeiten mit den Werken. Die Edison Common Wealth hält elfmonatliche Kurse ab, wobei sie für Auswahl der Leute nach Persönlichkeit, Umgangsformen, Takt, Gesundheit, Begabung, Akkuratesse, Fleiß, Initiative, Begeisterung für das Fach fragt.

Das Educational Committee vermittelte im Jahre für 240 Studierende Ferienbeschäftigung in Zentralen. Den wertvollsten Dienst, den die Praxis der Schule erweisen kann, erblickt man in der klaren Kennzeichnung des Produktes, das sie zu erhalten wünscht[2]). Nach dieser Richtung veranstaltete die Carnegie Foundation for the Advancing of Teaching, New York City, neuerdings eine Umfrage. Die Anforderungen, die ihr bei einer früheren Anfrage besonders häufig genannt wurden, waren in der Reihenfolge der Häufigkeit ihrer Betonung: Lauterkeit des Charakters, Verantwortlichkeitsgefühl, Initiative, Findigkeit, Urteil, gesunder Menschenverstand, Blick, wissenschaftlicher Sinn, ferner Gründlichkeit, Wirkungsgrad, Fleiß und schließlich Verständnis für den Arbeiter, Gestaltungskraft und — Kenntnis der Elemente der Ingenieurwissenschaften, praktische und geschäftliche Erfahrungen.

In den amerikanischen Erörterungen über die Methoden der Schulung nimmt die Frage der Forschungsarbeiten in der Hochschule einen breiten Raum ein[3]). Die Bearbeitung von Themen, die die Industrie stellt, mag den Fortschritt fördern, sei es, indem die Ergebnisse veröffentlicht und so der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden, sei es, daß sie nur einer einzelnen Firma, die die Untersuchung veranlaßte, zufallen. Vor allem aber sieht man nun auch hier den hohen didaktischen Wert einer selbständigen Untersuchung, möglichst nach eignen Plänen, aber in Berührung mit dem die Aufgabe Stellenden ein. In bezug auf Durchführung der Untersuchung und Ausarbeitung der Veröffentlichung wird vielfach auf Deutschland, daneben zuweilen auch auf das übrige Europa hingewiesen. — Neben der Bearbeitung technischer Aufgaben wird die freie Forschung betont. Der Studierende soll sich gewöhnen, in ihr die Quelle späteren technischen Fortschrittes zu erblicken und mit dem Blick auf mögliche Verwertung zu verfolgen, was von der freien Wissenschaft geleistet wird. Die Fähigkeit zu selbständigem Arbeiten soll frühzeitig entwickelt werden, doch sollen nur wirklich Befähigte zu experimentellen Arbeiten herangezogen und für diese die Lehrmittel und Lehrkräfte voll ausgenutzt werden. In England[4]) geht weiter der Ruf nach einer breiteren technischen Basis für die Ausbildung des Elektroingenieurs: Sprachkenntnisse, Kenntnisse des Auslandmarktes. Nach dem Kriege werde es eine der ersten Aufgaben der englischen Regierung sein, ein obligatorisches Schulsystem als Vorstufe für die Hochschulen zu schaffen. Der Austritt aus der Volksschule müsse hinausgeschoben werden. Die Fortbildungsschule solle obligatorisch werden. Die letzte Zeit der Volksschule sollte einer „Vorlehre" gewidmet sein, die eine Kontrolle für die Eignung zum gewählten Beruf ermöglicht.

In Deutschland hat der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen in Charlottenburg eine Praktikantenvermittelungsstelle eingerichtet[5]).

In der deutschen Literatur knüpfen Wünsche um Änderungen im Unterrichtswesen weniger an die in der Praxis empfundenen Mängel an, als daß sie der mathematisch-naturwissenschaftlichen Geistesrichtung in der allgemeinen Ausbildung mehr Raum zuweisen möchten.

In seinen „Leitsätzen" betont der Vorstand des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes[6]) auch die Forderung, „auf allen Stufen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes die Erziehung zur Selbsttätigkeit in noch stärkerem Maße als bisher zu pflegen". Besonders ist eine Bewegung im Fluß, welche, ganz abgesehen von der politischen und militärischen Seite der Frage, eine

Änderung der Bestimmungen über die Einjährigenberechtigung erstrebt, wobei auf die Bedürfnisse der Technik mehr Rücksicht genommen und die technische Ausbildung höher bewertet werden soll. Diese Bestrebungen haben sich jetzt zu Vorschlägen verdichtet, die der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen an die Regierung eingegeben hat[7]). Prüflinge, die mindestens drei Jahre im Gewerbe oder in der Industrie praktisch tätig waren und die eine geeignete Fachschule mit Erfolg besucht haben, sollen nur aus einer fremden Sprache geprüft werden.

Von Sonderfragen wird die Ausbildung in der Beleuchtungskunde weiter eingehend behandelt. Die Amerikanische Beleuchtungstechnische Gesellschaft veranstaltete gemeinsam mit der Pennsylvania Universität in Chicago einen Kursus, der in 20 Vorlesungen Tagesfragen des Gebietes behandelte[8]).

Die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft hat sich auf ihrer Jahresversammlung in Nürnberg[9]) im Anschluß an einen Vortrag von Monasch eingehend mit der Frage befaßt, rationelle beleuchtungstechnische Kenntnisse in alle in Betracht kommende Kreise, die der Architekten, Beleuchtungskörperfabrikanten, Hygieniker, Betriebsingenieure, Installateure, Konsumenten zu tragen. Ein Beleuchtungstechniker-Sonderkursus für Installateure wurde in Frankfurt a. M. abgehalten. Über die Entwicklung der Richtungen im amerikanischen Hochschulwesen und über Ziele und Wege für beleuchtungstechnische Lehrgänge bringt Richtmyer reiches Material[10]). Eine Rundfrage 1913/14 des Committee on Education der Amerikanischen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft hatte ergeben, daß ein besonderes Fachstudium mit Abschlußdiplom als Beleuchtungsingenieur nirgends eingerichtet ist. Vereinzelt wird Beleuchtungskunde als Nebenfach oder Wahlfach für den Elektroingenieur betrieben oder in Ergänzungskursen nach Abschluß der allgemeinen Studien behandelt; sonst wird das Gebiet nur im Physikunterricht berührt und soweit Lampen und Projektierung von Lichtanlagen in Frage kommen, in der elektrotechnischen Vorlesung.

Die Rundfrage 1914/15, an 200 Fabrikanten und Werke gerichtet, suchte die Bedarfsfrage zu klären: 1. wieviel Leute sind an Stellen beschäftigt, die mit Beleuchtungstechnik zu tun haben? 2. würde eine Nachfrage nach Beleuchtungsingenieuren, die in eignem Lehrgang ausgebildet sind, vorhanden sein? 103 Antworten gaben 1250 Leute an, wobei die einen Verkäufer und Kaufleute mitrechnen, andere nur solche, die technische Beleuchtungsprobleme zu bearbeiten haben. Die Einrichtung eines eigenen vierjährigen Studienganges für Beleuchtungsingenieure — ein dafür ausgearbeiteter Lehrplan wird mitgeteilt — erscheint nicht geboten, wohl aber wird großer Wert auf die Darbietung beleuchtungstechnischer Kenntnisse als eines Teiles der allgemeinen Ingenieurausbildung gelegt. Für Ausbildung der wenigen Spezialisten besondere Einrichtungen zu schaffen, erscheint nicht nötig. Nach Abschluß des allgemeinen Studiums ist Gelegenheit, durch Sondervorlesungen, durch Studium der Literatur, wie durch selbständiges Arbeiten im Laboratorium sich in Aufgaben des Faches zu vertiefen. Der Unterrichtsausschuß der Gesellschaft beabsichtigt, zur Bearbeitung geeignete und anregende Themata zusammenzustellen.

Außer dem bereits erwähnten Plan für einen vierjährigen Lehrgang werden als Anhang zum Vortrag zwei vom Ausschuß ausgearbeitete Studienpläne mitgeteilt und erläutert, einer für einen einjährigen Kursus im Anschluß an die übliche vierjährige Ingenieurausbildung, ein anderer für Angliederung des Faches mit 2—5 Wochenstunden während des vierten Studienjahres. Neben der Heranbildung des Fachmannes wird auch hier der beleuchtungstechnischen Erziehung des großen Publikums Aufmerksamkeit zugewendet und das Ergebnis einer an 450 Schulen gerichteten Rundfrage besprochen.

Gemeinsam mit anderen Ingenieurvereinigungen veranstaltete das Am. Inst. of El. Eng. im März 1916[11]) für die Mitglieder im Interesse „nationaler Bereitschaft“ einen Instruktionskursus über Themata der militärischen Ingenieurkunst und trat ferner für Aufnahme bezw. Erweiterung militärischer

Schulung auf Universitäten, technischen Hochschulen und anderen bürgerlichen Erziehungsanstalten ein. Nicht Vorbereitung der technischen Kreise für den künftigen Krieg, sondern Milderung der Folgen des bestehenden Krieges ist die Aufgabe, die in Deutschland das technische Unterrichtswesen erweiterte. Die bereits im letzten Bericht besprochenen Bestrebungen auf dem Gebiete des Verwundetenunterrichtes wurden fortgesetzt und weiter ausgedehnt, auch nach der Seite von Kursen über elektrische Installation. Über Anlernung und systematische Wiederertüchtigung von Kriegsbeschädigten in den Werkstätten der Akkumulatorenfabrik A.-G. bringt H. Beckmann[12]) auf Grund seiner Erfahrungen in einem Vortrag wertvolles Material, welches in der Diskussion noch interessante Ergänzungen durch Erfahrungen in anderen Betrieben erfährt. Im Anschluß daran hat der Elektrotechnische Verein „Leitsätze für die Wiederertüchtigung im Kriege schwer beschädigter Industriearbeiter" herausgegeben[13]).

Als eine Folge der im Kriege gemachten Erfahrungen ist es anzusehen, daß die S S W dazu übergegangen sind, auch weibliche Lehrlinge zur Ausbildung als Mechaniker und Werkzeugmacher zuzulassen[14]).

Der Lehrlingsfrage überhaupt hat der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet[15]) und weist nachdrücklich die Industrie auf die Wichtigkeit der systematischen Heranbildung des Nachwuchses hin. — Auch die Frage der Werkschulen, die in den letzten Jahren in Deutschland erheblich zugenommen haben, soll nach einem Vorstandsbeschluß des Ingenieurvereins[16]) eingehend behandelt werden. Was schon von einzelnen Werken geleistet wird, zeigt eine vorbildliche Veröffentlichung der Ludw. Loewe & Co A.-G. Die Zahl der Lehrlinge beträgt ungefähr 300. Die Aufnahme ist an eine Prüfung geknüpft. Die Lehrlinge kommen zunächst in die Lehrwerkstätte, dann wandern sie durch verschiedene Abteilungen des Betriebes. Vom 2. Halbjahr an erhalten sie eine steigende Vergütung, auch arbeiten sie in Akkord. Auch Volontäre für 1—2jährige Ausbildung werden eingestellt, die jedoch ein Lehrgeld zahlen, das im Interesse der Lehrlinge verwendet wird. Für die theoretische Ausbildung wird eine Fachschule unterhalten. Der Unterricht findet während der Arbeitszeit statt. Außerdem werden auch Sprachkurse und Meisterkurse abgehalten. Das berechtigte Streben vieler Lehrlinge, später auch andere Werkstätten kennen zu lernen, unterstützt die Firma durch Austausch ausgelernter tüchtiger Lehrlinge mit anderen Fabriken.

Schließlich sei noch erwähnt das immer weitergehende Hineinarbeiten elektrotechnischen Unterrichtstoffes in den Lehrplan der Volksschulen und Fortbildungsschulen, gefördert durch das Eindringen von Anschlußapparaten in den Physikunterricht. Leider stehen die Veröffentlichungen, die hierbei als Anweisung dienen möchten, fachlich nicht auf der Höhe, und findet man selbst in führenden Unterrichtszeitungen Aufsätze, die arge Unkenntnis in den Kreisen verraten, die den Unterricht zu beraten sich berufen fühlen. Eine Mitarbeit von elektrotechnischer Seite wäre darum geboten.

[1]) J. F. Gilchrist, Ch. R. Harte u. a., El. World Bd 67, S. 141, 421, 878. — [2]) El. World Bd 67, S 528. — [3]) Carty, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1411, 1514. — [4]) H. H. Wright, El. World Bd 67, S 220. — [5]) ETZ 1916, S 419. — [6]) Z. Ver. D. Ing. 1916, S 992. — [7]) Z. Ver. D. Ing. 1916, S 377. — [8]) ETZ 1916, S 488. — [9]) ETZ 1916, S 653, 665. — [10]) Richtmyer, Trans. Ill. Eng. Soc. 1916, S 851. — [11]) El. World Bd 67, S 301, 529. — [12]) H. Beckmann, ETZ 1916, S 221, 466, 484, 504. — [13]) Elektrotechn. Verein, ETZ 1916, S 417. — [14]) ETZ 1916, S 224. — [15]) Z. Ver. D. Ing. 1916, S 663. — [16]) Z. Ver. D. Ing. 1916, S 399.

Sozial-Technisches.

Von Georg Osenbrügge.

Gesetzgebung. Über neue gesetzliche Bestimmungen auf sozialem Gebiet ist im verflossenen Jahre nichts Nennenswertes zu berichten.

In einer Eingabe an den Reichskanzler seitens des Vereins Deutscher Ingenieure wird die Zulassung der Diplomingenieure zum höheren Verwaltungsdienst neben dem zurzeit ausschließlich in Frage kommenden Juristen auf das wärmste befürwortet und eingehend begründet[1]).

Die preußischen Minister haben über die Fürsorge für Kriegsinvaliden in Ergänzung eines gemeinschaftlichen Erlasses vom 8. September 1915 die Oberpräsidenten durch Erlaß vom 29. August 1916 mit näheren Anweisungen versehen[2]).

Ein ministerieller Beschluß ordnete an, daß den staatlichen Gewerbeaufsichtsbeamten die Ausübung der ihnen gewährten Befugnisse zum selbständigen Erlaß der in § 120d, § 120f Abs. 2 und § 137a Abs. 3 der Gewerbeordnung bezeichneten polizeilichen Verfügungen nicht länger vorzuenthalten sei[3]).

Der Geschäftsbericht des Reichsversicherungsamts für das Jahr 1915 enthält eine Fülle wichtiger Mitteilungen über die Durchführung der gesamten Reichsversicherung[4]).

Gefahren der Elektrotechnik. W. Beck[5]) berichtet über Berufskrankheiten, von denen Personen, die in elektrotechnischen Betrieben oder an elektrischen Apparaten dauernd beschäftigt sind, betroffen werden. Durch längeres Arbeiten an Schalttafeln oder in Hochspannungsprüfräumen werden bei den Elektrotechnikern Störungen des Nervensystems und der Verdauungsorgane hervorgerufen. Schädigungen durch ultraviolette Strahlen und zum Teil durch Hitzeeinwirkung bei elektrischem Schweißen, elektrischer Lichtbehandlung mit Quarzlampen oder Finsenapparaten usw. äußern sich durch Augen- und Hautentzündungen. Auch bei Arbeiten mit Röntgenapparaten werden neben der Heilwirkung schwere Erkrankungen beobachtet, von denen, wie festgestellt, bis zum Jahre 1912 24 Ärzte, 26 Röntgentechniker und 4 Patienten betroffen wurden. In Akkumulatorenfabriken sind Erkrankungen infolge Eindringens von Blei in den menschlichen Körper besonders bemerkenswert. Die Telegraphistenkrankheit ist auf Störungen des Zentralnervensystems zurückzuführen, während in den Telephonämtern neben den nervösen Erscheinungen noch Gehörstörungen auftreten. Die erwähnten Erkrankungen lassen sich aber durch Anwendung geeigneter Schutzmaßregeln verhüten, so daß der Beruf des Elektrotechnikers weder als besonders gefährlich noch ungesund anzusehen ist.

Zur Verhütung der bei Bränden durch elektrische Leitungen sich ergebenden Gefahren soll gleich von vornherein auf die zweckmäßige feuersichere Verlegung der Leitungen und geeignete Unterbringung der Schalt- und Verteilungstafeln Bedacht genommen werden. Bei Öltransformatoren ist für sicheren, die Umgebung nicht gefährdenden Abfluß des in Brand geratenen Öles zu sorgen. Für das Abschalten der Leitungen, falls ein Brand ausbricht, sind bestimmte kundige Personen, Monteure od. dgl. zu bestimmen, die Feuerwehr ist entsprechend anzulernen. Die Verwendung von Wasser beim Bespritzen der in Betrieb befindlichen elektrischen Leitungen ist zu unterlassen, ganz abgesehen davon, daß durch die Feuchtigkeit des Bodens und der Feuerlöschgeräte die Gefahr für die Löschmannschaft erhöht wird[5a]).

A. Haenel[6]) berichtet über Gesundheitsschädigungen durch den elektrischen Strom und ihre Abwendung. Der Verfasser geht auf die unmittelbaren und mittelbaren Schädigungen, sowie die Blitzgefahr und andere ähnliche Vorkommnisse näher ein. Die Ausführungen bringen nichts Neues, verdienen aber wegen ihrer übersichtlichen Einteilung Beachtung und den erhofften Erfolg.

Dem Bericht einer Feuerversicherung in Zürich ist zu entnehmen, daß in einem Zeitraum von 10 Jahren 1905—1914, 155 Brände auf nicht elektrische Ursachen und nur 21 Brände auf elektrische Ursachen zurückzuführen sind[7]).

Nach dem Geschäftsbericht der Königlich Bayerischen Versicherungskammer für 1915 beträgt die Zahl der bei der Landesversicherungsanstalt gemeldeten Brände 2780, von denen auf elektrische Anlagen 27 Fälle zurückgeführt werden[8]).

Der Werkmeister einer österreichischen Überlandzentrale hatte im Schalterraum bei ausgeschaltetem Strom von 15000 V ohne Benutzung von Schutzvorrichtungen Schaltarbeiten vorgenommen, nach deren Beendigung der Strom wieder eingeschaltet wurde. Beim Schließen der geerdeten Schutztür kam er mit der anderen Hand an die stromführende Leitung und stürzte besinnungslos zu Boden. Wiederbelebungsversuche hatten Erfolg, doch trat nach 18 Stunden infolge Gehirnblutung der Tod ein, weil der Mann ohne ärztliche Aufsicht geblieben war[9]).

Ein Monteur erfaßte auf einem eisernen Mast aus Unvorsichtigkeit eine Leitung mit 220 V und kam dann noch mit einer zweiten Leitung von 380 V in Berührung. Der Mann wurde getötet, da infolge eingetretener Bewußtlosigkeit der Strom längere Zeit durch seinen Körper ging, bevor abgeschaltet wurde[10]).

Ein Arbeiter wurde durch Berührung des herunterhängenden Drahtes einer gerissenen, in der Nähe einer Hochspannungsleitung angebrachten Klingelleitung getötet. Der Maschinist, welcher nicht für Beseitigung des Drahtes gesorgt hatte, wurde bestraft, später aber freigesprochen. Begründung: Dem Mann fehlt zwar jede technische Kenntnis, infolge Einziehung des vorgesetzten Maschinenmeisters mußte er aber die Anlage weiter verwalten, was auch bisher zur Zufriedenheit geschehen war[11]).

Unfallstatistik. Im Jahresbericht des Dampfkessel-Überwachungs-Vereins der Zechen im Oberbergamtsbezirk Dortmund für 1915/16 wird über 33 Unfälle in elektrischen Anlagen berichtet, von denen 18 tödlich verliefen. Zwei der Todesfälle sind auf die Berührung von Bahnoberleitungen mit 220 V Gleichstrom und mehrere andere Todesfälle auf schadhafte oder unvorschriftsmäßige Handlampen zurückzuführen[12]).

M. Vogel[13]) berichtet über elektrische Unfälle im oberschlesischen Industriebezirk. Im Jahre 1914/15 wurden 20 Unfälle festgestellt. Von den neun Todesfällen durch Niederspannung ereigneten sich 8 in Lokomotivstrecken unter Tage. Größere Gefahren ergaben sich bei Wechselstrom, für deren Herabminderung eine zuverlässige Erdung der Gebrauchsapparate und Leitungen oder eine Herabsetzung der Spannung in Vorschlag gebracht wird.

In den Bergwerken Preußens ereigneten sich im Jahre 1915 76 Unfälle in elektrischen Betrieben. Besonders bemerkenswert sind die häufigen Unfälle durch schadhafte tragbare elektrische Lampen[14]).

Im Jahre 1915 sind dem Elektrotechnischen Verein Wien 51 Unfälle in elektrischen Betrieben gemeldet, 8 verliefen tödlich. Ein Todesfall bei Drehstrom von 220 V ereignete sich durch eine tragbare elektrische Lampe[15]).

Die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik verzeichnet für das Jahr 1915 108 (150) Unfälle durch elektrischen Strom, von denen 55 (76) tödlich verliefen. Die Abnahme der Unfälle dürfte teils auf den Mangel an Arbeitskräften, teils darauf zurückzuführen sein, daß neue Werke und Erweiterungen wegen Mangels an Baustoffen nur in beschränktem Umfange in Angriff genommen worden sind[16]).

Dem Jahresbericht des englischen Gewerbeinspektors G. Scott Ram[17]) sind für das Betriebsjahr 1914/15 folgende Unfälle zu entnehmen. In den zur Stromlieferung für die Beleuchtung und für Bahnen dienenden Werken waren 350 Unfälle, darunter 7 tödliche, auf Ursachen zurückzuführen, die mit den elektrotechnischen Einrichtungen in keinem Zusammenhange stehen. Auf elektrische Ursachen sind 99 Unfälle, darunter 4 tödliche, zurückzuführen.

Nach einer Aufstellung des Archivs für Eisenbahnwesen beträgt die Zahl der im Verlauf von 20 Jahren, 1888—1907, in Amerika von den Eisenbahnen getöteten Personen annähernd 153000, die der Verletzten rd. 1041500. Auf unbefugtes Überschreiten der Geleise sind die meisten Unfälle zurückzuführen, beispielsweise wurden 1911/12 auf diese Weise 5300 Personen getötet und ebensoviele verletzt[18]).

Unfallverhütung und Arbeiterschutz. Der Verwaltungsbericht der Süddeutschen Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft für das Jahr 1915 weist darauf

hin, daß durch die ausgedehnte Einziehung militärdiensttauglicher Arbeiter und die sich hieraus ergebende Einstellung weiblicher und jugendlicher Arbeiter die Unfälle abgenommen haben, was auf die hierdurch bedingte Enthaltsamkeit von geistigen Getränken zurückgeführt wird[19]).

Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft hat in ihren Fabriken während des Krieges den Ausbau ihrer Schutzvorrichtungen fortgesetzt, die in besonderen Blättern fortlaufend veröffentlicht werden, und die sie außerdem durch Errichtung eines Hygienemuseums schon vor Jahren auf eine breite Basis gestellt hat[20]).

In München wurde von der Ortsgruppe des Bayerischen Fortbildungsschulvereins eine Vereinigung zur Förderung des Unterrichts über Unfallverhütung und Gewerbehygiene gegründet. Aufgabe der Vereinigung ist, das Interesse in allen beteiligten Kreisen für den Unterricht zu wecken und die Einführung in den Fortbildungsschulen zu erstreben[21]).

Dem Bericht der schweizerischen Fabrik- und Bergwerkinspektoren ist zu entnehmen, daß die wesentlichen Bestimmungen des gesetzlichen Arbeiterschutzes anläßlich des Krieges, infolge der vielen Ausnahmebewilligungen, nicht durchgeführt worden sind. Auch die Arbeitszeit erfuhr durchweg eine Erhöhung, bis der Bundesrat für Regelung sorgte. Von Interesse ist der Versuch einer Fabrik mit dem 50-Minutenbetrieb, d. h. nach 50 Minuten wird eine Pause von 10 Minuten eingeschaltet, während der die Arbeiterinnen ihre Arbeitsplätze verlassen müssen. Die Einrichtung hat sich bewährt; es wurde eine Mehrleistung von im Mittel 25% festgestellt[22]).

Zur Herabminderung der Unfälle durch Straßenbahnen werden in Amerika alle erdenklichen Mittel angewendet. Ansichtskarten, Warnungsplakate, Films u. a. m., in neuerer Zeit sogar das Volkslied mit dem Kehrreim „Safety first" ermahnen das Straßenpublikum zu besonderer Vorsicht und Besonnenheit[23]).

G. Carson[24]) berichtet über Unfälle durch elektrische Straßenbahnen in Seattle (Amerika) und führt u. a. aus, daß beispielsweise 1909/10 allein 157 Kinder (36 Mädchen und 121 Knaben) durch den elektrischen Straßenbahnbetrieb verunglückt sind. Nach Aufklärung in den Schulen, durch Verteilung von Merkblättern, Karten usw. mit drastischen Schilderungen von Unfällen usw. wurde deren Nachlassen festgestellt. Auch auf das in Frage kommende Personal der Bahn wurde in unfallverhütendem Sinne eingewirkt und die Besitzer von Wagen und Autos ebenfalls zur Mitarbeit an der Verhütung von Unfällen aufgefordert.

Soziale Fürsorge. Den Ausführungen von H. Boruttau[25]) über Arbeitsphysiologie ist zu entnehmen, daß die Arbeitsleistung des Menschen ein Gebiet ist, welches zurzeit und in Zukunft mehr denn je das Hauptinteresse aller Kulturvölker in Anspruch nehmen muß. Vorgenommene Messungen über Muskelarbeit führen zu der Betrachtung, daß die Leistungen des Gehirns und des Nervensystems, wenn auch nicht meßbar, doch eine mindestens gleichwertige Arbeit bedeuten, und daß auf die Übung und Ausbildung spezifischer Fähigkeiten des Nervensystems die erstaunliche Handfertigkeit gewisser Arbeitergruppen zurückzuführen ist. Der Verfasser weist darauf hin, daß die experimentelle Physiologie und Psychologie dazu dienen kann, die für die einzelnen Berufszweige geeigneten Arbeiter auszuwählen und ungeeignete auszuschalten bzw. einem anderen Beruf zuzuführen.

In eingehender Weise berichtet E. Honigmann[26]) über die Arbeiterverhältnisse in der österreichischen Elektro-Industrie. In mehreren nach Fabrikationsgruppen unterteilten Zahlentafeln werden für 1902—1911 die in den einzelnen Gruppen beschäftigten Arbeiter, Lohnverhältnisse, Versicherungsbeiträge und die Unfallbelastung angegeben. Eine größere Anzahl Betriebsunternehmer sorgt, wie den Ausführungen zu entnehmen ist, durch Pensionsfonds, Arbeiterunterstützungskassen, Sparkassen, Stiftungen u. dgl. in weitgehendster Weise für das Wohl ihrer Arbeiter, während andere bestrebt sind, durch den Bau von Personalhäusern, mit einer größeren Anzahl Wohnungen,

die Arbeiter dauernd an ihre Arbeitsstelle zu fesseln. Auf die Heranbildung eines befähigten Nachwuchses richten die meisten Betriebe ihr besonderes Augenmerk. Größere Werke besitzen eigene Fortbildungsschulen; während der Werkstattausbildung wird der Lehrling häufig mit der gesamten Fabrikation vertraut gemacht, bevor er seinem gewählten Sonderfach sich zuwendet. In anderen Fabriken muß der Lehrling 6 Monate nach Beendigung seiner Lehrzeit den Betrieb verlassen, um andere Verhältnisse und andere Fabriken kennen zu lernen.

Infolge des zurzeit herrschenden Mangels an gelernten Arbeitern sind viele Leute aus der Landwirtschaft in den Fabrikbetrieb übergetreten, für die meistens ein längeres Einarbeiten erforderlich ist. Nach Ausscheidung eines gewissen Prozentsatzes Ungeeigneter haben sich die Eingearbeiteten als brauchbare und anhängliche Arbeiter erwiesen. Dies trifft auch besonders für Ungarn zu mit seiner Jahrhunderte alten Landwirtschaft.

Auch im verflossenen Jahre beanspruchte die Fürsorge für Kriegsbeschädigte das meiste Interesse.

H. Beckmann[27]) berichtet über Versuche in der Accumulatorenfabrik A.-G. in ihrem Werk in Oberschöneweide über die Wiederertüchtigung schwerbeschädigter Industriearbeiter. Den Kriegsbeschädigten ist Gelegenheit geboten, sich noch während der Lazarettzeit in den verschiedenen Zweigen der Fabrikation einzuarbeiten und zwar unter gleichen Arbeitsbedingungen wie die anderen gesunden Arbeiter, zwischen denen sie tätig sind. Unter Berücksichtigung ihres körperlichen Zustandes wird ihnen dementsprechende Arbeit zugeteilt und ohne Rücksicht auf Arbeitsleistung zunächst mit einem allgemein festgesetzten Mindestlohn vergütet. Haben die Kriegsbeschädigten eine gewisse Fertigkeit erlangt, so wird ihnen Akkordarbeit zugewiesen; hierbei hat sich ergeben, daß die Leute, was Güte der Arbeit und Verdienst anbelangt, dem gesunden Arbeiter nicht mehr nachstehen. Auf Grund der gesammelten Erfahrungen sind von einem Ausschuß des Elektrotechnischen Vereins Leitsätze aufgestellt worden, die allgemein für die Wiederertüchtigung kriegsbeschädigter Industriearbeiter geeignet sein dürften.

A. Bender[28]) hat Erhebungen angestellt, in welchem Umfange und unter welchen Verhältnissen kriegsbeschädigte Arbeiter in den gewerblichen Betrieben beschäftigt werden. Nach Beobachtungen in einer größeren Anzahl Betriebe wurde festgestellt, daß ein starker Wechsel in der Tätigkeit nicht stattgefunden hat, in den meisten Fällen wurde die frühere oder eine ähnliche Beschäftigung wieder aufgenommen. Die Löhne waren durchweg befriedigend mit Ausnahme der Fälle von Armverletzungen, zum Teil waren erhebliche Lohnzunahmen zu verzeichnen.

M. Perls[29]) berichtet über Erfolge, die mit der Beschäftigung von Kriegsblinden an Maschinen im Kleinbauwerk der Siemens-Schuckertwerke erzielt wurden. Die Unfallgefahr, welcher im vorliegenden Falle ganz besondere Bedeutung beizumessen ist, wurde durch Anbringung hinreichender Schutzvorrichtungen beseitigt.

Fischer[30]) tritt dafür ein, daß nicht allein der Fachmann bei der Berufsberatung Kriegsbeschädigter ausschlaggebend sein soll, sondern daß auch der gewerbehygienische Berater gehört werden muß, um den Verletzten vor Schädigungen seiner Gesundheit, die ihm vielleicht bei Ausführung von Arbeiten drohen, zu schützen.

In der elektrischen Industrie, besonders im Installationsgewerbe, sollen wegen des zu erwartenden Aufschwunges nach dem Kriege kriegsbeschädigte Monteure möglichst bald ihrem Berufe wieder zugeführt werden. Schwerbeschädigten sind gesunde Leute als Hilfsarbeiter zur Seite zu stellen. Schlosser, Klempner sind, falls sie für den elektrischen Beruf besondere Neigung zeigen, zu Monteuren und Maurer, Maler usw. zu Hilfsmonteuren auszubilden[31]).

Nach Mitteilungen des Großherzoglichen Landesgewerbeamtes Karlsruhe sollen Kurse zur Fortbildung und Anlernung Kriegsbeschädigter abgehalten

werden. Für die Elektrotechnik kommen in Betracht: Elektrisches Installationswesen[32]).

Die Prüfstelle für Ersatzglieder in der Ständigen Ausstellung für Arbeiterwohlfahrt in Charlottenburg gibt Merkblätter heraus, die fortlaufend über Neuerungen und Verbesserungen auf dem Gebiete des Gliederersatzes berichten[33]).

Infolge Erlasses des Generalgouverneurs in Belgien, von Bissing, fand im letzten Jahre in Brüssel eine Ausstellung für soziale Fürsorge statt, die den Besuchern die mittelbaren und unmittelbaren Ergebnisse der deutschen Arbeiterversicherung vor Augen führte[34]).

A. Liebrecht in Berlin gibt eine Zeitschrift für die Gesamtinteressen der Kriegsbeschädigten unter dem Namen „die Kriegsbeschädigtenfürsorge" heraus, die jeden Monat erscheint und Aufsätze, behördliche Erlasse, Statistisches und Anstellungsnachrichten bringt. Verlag Vossische Buchhandlung, W 62, Nettelbeckstr. 7/8.

Wohlfahrtseinrichtungen. L. Heyde[35]) berichtet über Urlaubsbewilligung bei Arbeitern. Die Bewilligung des Urlaubs kann eine reine Wohlfahrtseinrichtung sein, sie kann ferner durch Tarifvertrag oder in der Arbeitsordnung festgelegt sein. Die mit dem Urlaub, der zwischen 3 Tagen und 3 Wochen schwankt, gemachten Erfahrungen sind bei Weiterbezahlung des Lohnes günstig gewesen. Ob Urlaub von weniger als einer Woche seinen Zweck erfüllt, wird von ärztlicher Seite bezweifelt.

In Chicago ist eine dem Gewerbeinspektor unterstellte Schule gegründet worden mit dem Zweck, die Verhütung von Gewerbekrankheiten und Unfällen für Unternehmer und Arbeiter zu lehren. Es werden Vorlesungen gehalten über alle den Arbeiterschutz betreffenden Maßnahmen. Arbeiter und Arbeiterinnen können sich in der Schule über Schutzeinrichtungen bei ihren speziellen Arbeiten aufklären lassen[36]).

Die Firma Krupp errichtete für ledige Angehörige ihres Werkes zwei Arbeiterheime für je 280 Personen, verbunden mit Beköstigung. Ferner sind auf einem Gartengelände 6 große Baracken für ledige Arbeiter erbaut worden[37]).

Aus dem Jahresbericht der k. k. Gewerbeinspektoren in Österreich ist zu entnehmen, daß den bestehenden Wohlfahrtseinrichtungen neue hinzugefügt wurden. Besonders bemerkenswert ist die weitere unentgeltliche Überlassung von Werkswohnungen an die Familien der eingezogenen Arbeiter. Unterstützungen werden fortlaufend gewährt bzw. die Löhne ganz oder teilweise an die Familien weiter bezahlt. In vielen Betrieben wurden Speiseanstalten eingerichtet, ferner durch Verabreichung von Lebensmitteln zu Selbstkostenpreisen die wirtschaftliche Lage der Arbeiter zu bessern gesucht[38]).

[1]) ETZ 1916, S 414. — [2]) Die Arbeiter-Versorgung 1916, S 811. — [3]) Rauch & Staub 1916, S 176. — [4]) Die Arbeiter-Versorgung 1916, S 304. — [5]) W. Beck, Helios Fachz. 1916, S 63. — [5a]) El. Anz. 1916, S 251. — [6]) A. Haenel, Sozialtechnik 1916, S 97. — [7]) El. World Bd 67, S 386. — [8]) Zeitschrift des Bayer. Rev.-Vereins Bd 21, S 8. — [9]) ETZ 1916, S 224, 670. — [10]) ETZ 1916, S 670. — [11]) El. Kraftbetr. 1916, S 168, 254. — [12]) ETZ 1916, S 377. — [13]) M. Vogel, El. Kraftbetr. 1916, S 322, 340. — [14]) El. Kraftbetr. 1916, S 253. — [15]) El. Masch.-Bau 1915, S 347. — [16]) Berufsgen. d Feinmech. u. El., Jahresber. über die Tätigkeit der techn. Aufsichtsbeamten für 1915. — [17]) G. Scott Ram, El. Masch.-Bau 1916, S 265. — [18]) Schweiz. Bauztg. Bd 67, S 175. — [19]) Die Arbeiter-Versorgung 1916, S 715. — [20]) Mitt. BEW 1916, S 72. — [21]) Sozialtechnik 1916, S 124. — [22]) Concordia 1916, S 255. — [23]) El. Kraftbetr. 1916, S 165. — [24]) G. Carson, El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 70. — [25]) H. Boruttau, Conc. 1916, S 243. — [26]) E. Honigmann, El. Masch.-Bau 1916, Anhang S 239, 247, 257. — [27]) H. Beckmann, ETZ 1916, S 221, 378, 447, 466, 484. — [28]) A. Bender, ETZ 1916, S 309. — [29]) M. Perls, ETZ 1916, S 506. — [30]) Fischer, Zentralblatt f. Gewerbehygiene 1916, S 57. — [31]) El. Anz. 1916, S 341. — [32]) ETZ 1916, S 705. — [33]) El. Kraftbetr. 1916, S 264, 335. — [34]) Die Arbeiter-Versorgung 1916, S 502. — [35]) L. Heyde, Sozialtechnik 1916, S 203. — [36]) Sozialtechnik 1916, S 204. — [37]) Sozialtechnik 1916, S 104. — [38]) Concordia 1916, S 5.

Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik.

Von Justizrat Dr. O. Zimmer.

Es ist kein Zweifel, daß lange auf dem Gebiete des Schrifttums über die Rechtsverhältnisse in der Elektrotechnik kein solcher Tiefstand geherrscht hat wie im Jahre 1916. Die Ausbeute ist eine außerordentlich geringe. Gesetzgeberische Arbeiten sind nirgends behandelt, und es ist auch sonst ein Fortschritt in der Entwicklung des Rechts kaum auf irgendeinem Gebiete zu beobachten.

In **Österreich** sind zu dem dort noch vor dem Kriegsausbruch eingebrachten Entwurf eines Elektrizitätsgesetzes noch einzelne Spezialarbeiten erschienen[1]). Von Bedeutung, nicht nur für die Elektrotechnik, sondern allgemein für Handel und technische Industrie, ist die durch kais. Verordnung vom 21. März 1916 (Nr. 69 RGBl.) eingeführte dritte Teilnovelle zum allg. bürg. Gesetzbuche Diejenigen Materien dieser Novelle, die für den Geschäftsmann besonders häufig praktisch werden dürften, wie der Eigentumsvorbehalt an Maschinen, die Normen über das Nachbarrecht, Veräußerungs- und Belastungsverbote und das Schadensrecht, sind in einer Spezialstudie Schreibers[2]) behandelt.

In der **Schweiz** ist ein Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte im März 1916 im Ständerat und im Juni 1916 im Nationalrat beraten und angenommen worden. Der Entwurf betrifft nur die Inanspruchnahme der Gewässer zur Erzeugung nutzbarer Kraft. Er stellt fest, wer über die Ausnutzung der Gewässer verfügen kann, gibt die Regeln für die Benutzung, umschreibt die Verleihungen, regelt die Rechtsstellung des Ausnutzungsberechtigten und ordnet schließlich die zu erlassenden Ausführungs- und Übergangsbestimmungen[3]).

Elektrizitätswerke.

Das im vorjährigen Bericht angeführte Urteil des Reichsgerichts vom 5. Juni 1915, das über die Frage, ob Fernleitungen Bestandteil oder nur Zubehör eines Elektrizitätswerkes sind, in grundlegender Weise entschieden hat, hat in den elektrotechnischen Zeitschriften noch mehr Anlaß zu weiteren Erörterungen gegeben[4]). Vereinzelt ist auch die Frage nach der Zubehöreigenschaft von Maschinen, die zum Betrieb eines Gewerbes auf ein Grundstück geliefert waren, behandelt[5]), und es ist in den Zeitschriften über eine Entscheidung des Reichsgerichts vom 13. November 1915 berichtet, nach welcher Transformatoren, die am Boden eines für den Betrieb einer Elektromobilwerkstatt eingerichteten Hauses angeschraubt waren, nicht als Bestandteil des Grundstückes anzusprechen seien[6]).

Von Interesse ist das Urteil des Reichsgerichts in dem Geräusch- und Erschütterungsprozeß des Elektrizitätswerkes Karlsruhe. Die Berufung der Stadt auf die öffentliche Bedeutung des Werkes wurde als unerheblich zurückgewiesen, weil dem Werk, wenn es auch ein städtisches sei, öffentlich-rechtliche Befugnisse jedenfalls nicht übertragen seien. Daß das Werk der allgemeinen Wohlfahrt diene, sei unerheblich[7]).

Zu der grundlegend durch Reichsgerichtsurteil noch immer nicht entschiedenen Frage, ob sich der Eigentümer eines Grundstücks die Durchführung von Starkstromleitungsdrähten durch den Luftraum über seinem Grundstück gefallen lassen muß (§ 905 BGB.), liegt eine Entscheidung des Oberlandesgerichts Kiel vor, welches die Durchführung eines Drahtes 11 m über dem Erdboden gegen den Widerspruch des Grundstückseigentümers für zulässig erklärt, obwohl der Draht nur 1½ m über der Staatstelegraphenleitung diese querte[8]). Es wäre zu wünschen, daß diese dem Grundeigentum in Wahrheit nicht schädliche, die wirtschaftliche Ausnutzung des elektrischen Stromes aber außerordentlich erleichternde Gesetzesauslegung allgemein Anwendung fände. Aber leider sind die gerichtlichen Entscheidungen auf diesem Gebiete noch sehr auseinandergehend[9]).

Über Einzelfragen aus dem Verhältnis des Elektrizitätswerkes zum Stromabnehmer sind von Eckstein mehrere kleinere Aufsätze erschienen, so über die rechtlichen Folgen von Meßfehlern bei der Elektrizitätslieferung[10]), weiter über die Frage, ob der Stromabnehmer für den Zähler Miete zu zahlen hat, wenn bei den Stromlieferungsbedingungen dieser Punkt nicht mit geregelt ist[11]), und endlich über die Rechtsbeziehungen des Elektrizitätswerks zum Konkursgläubiger des Stromabnehmers[12]). Eine vom Oberlandesgericht Hamburg erlassene Entscheidung aus dem Mietsrecht ist von den Zeitschriften mehrfach dahin falsch ausgelegt worden, daß dem Mieter ein Recht zustehe, auch gegen den Willen des Grundstückseigentümers den Anschluß an ein Elektrizitätswerk durchzusetzen. Das Urteil kann vielmehr nur auf jenen Einzelfall bezogen werden, und mit Recht vertritt Martens den Standpunkt, daß die eigenmächtige Herstellung einer elektrischen Anlage in einem Mietsraum ohne Einwilligung des Vermieters als unzulässig angesehen werden müsse[13]).

Diebstahl von elektrischem Strom. Eine Entscheidung des Reichsgerichts vom 12. 10. 15 erklärt den Einwand des Angeklagten, das Elektrizitätswerk sei nicht berechtigt gewesen, ihm den Strom abzuschneiden, für unbeachtlich. Zweifellos habe der Angeklagte kein Recht gehabt, die von ihm unbefugterweise wiederhergestellte Leitung eigenmächtig zu benutzen und durch die Stromentziehung das Werk zu schädigen, denn die Stromentnahme sei vertragsmäßig nur mittels eines bestimmten Leiters gestattet[14]).

Haftpflicht. Das Reichsgericht erklärt in einem Urteil vom 12. 5. 16 den im Wege der Abtretung den Versicherungsbedingungen entsprechend auf die Versicherungsgesellschaft übergegangenen Anspruch auf Schadensersatz wegen der fehlerhaften Ausführung einer elektrischen Anlage für begründet und verurteilt daher die ausführende Elektrizitätsgesellschaft zur Erstattung des von der Versicherungsgesellschaft bezahlten Versicherungsbetrages[15]).

Ein weiteres Urteil des Reichsgerichts vom 28. 10 15 hat festgestellt, daß bei der Führung von Fabrik- bzw. Bergwerksbesuchern der Unternehmer für die körperliche Sicherheit der Gäste Sorge zu tragen hat[16]). Es handelte sich in dem betreffenden Fall um den Schadensersatzanspruch eines bei Gelegenheit eines solchen Besuches Getöteten. Es war von einer Magnesiafackel ein Funke in eine mit Sprengsalpeter gefüllte Kiste gefallen. Industrielle Unternehmungen werden daher gut tun, ihre Haftpflichtversicherungen auch auf etwaige Beschädigungen von Besuchern ihrer Werke auszudehnen.

Das Kammergericht hat in einem Fall, in welchem einem Hauseigentümer durch die Explosion eines Transformators ein Schaden entstanden war, das Elektrizitätswerk nicht für schadensersatzpflichtig erklärt, weil nicht nachgewiesen werden konnte, daß das Elektrizitätswerk bei der Beschaffung oder Wartung des Transformators die im Verkehr erforderliche Sorgfalt nicht beobachtet hätte[17]).

Haftpflicht bei elektrischen Bahnen. Das Reichsgericht hat in einer Entscheidung vom 8. 11. 15 seine auch vordem geübte Rechtsprechung bestätigt, nach welcher Unfälle, die sich beim Aussteigen aus einem, wenn auch haltenden Straßenbahnwagen ereignen, ohne weiteren Nachweis des ursächlichen Zusammenhanges mit einer besonderen Betriebsgefahr zu den beim Betrieb der Bahn vorkommenden Unfällen zu rechnen sind, und daß es Sache des Unternehmers ist, im einzelnen Fall besondere Umstände darzutun, die eine abweichende Annahme zu rechtfertigen vermögen[18]).

In einem anderen Fall hat das Reichsgericht gleichfalls die Verpflichtung der Bahn zum Schadensersatz angenommen. Die Klägerin, die an der Haltestelle auf den Zug wartete, stürzte infolge eines Schwindelanfalles auf die Schiene und wurde überfahren. Das Reichsgericht verneinte die höhere Gewalt, indem es die durch den Schwindelanfall herbeigeführte Bewußtlosigkeit nicht als ein von außen in den Betrieb eingreifendes Ereignis ansah, sondern lediglich als einen Vorgang, der die durch den Bahnbetrieb geschaffene Gefahr wirksam machte[19]).

Die Herstellerin einer elektrischen Bahnanlage ist als schadensersatzpflichtig verurteilt worden für die Beschädigungen, die durch Irrstrom an einer benachbarten Anlage herbeigeführt worden waren, weil die Bahnanlage nicht ordnungsmäßig hergestellt und dadurch der Irrstrom veranlaßt war[20]).

Erörterungen allgemeinen Inhalts in besonderer Anwendung auf die Elektrotechnik enthalten die Aufsätze Ecksteins über das Verhältnis von gesetzlicher Gewährleistung zur vertraglichen Garantieübernahme, Mängelrüge und Verjährungsfrist[21]), ferner Preisschleuderei und unlauteren Wettbewerb in der elektrotechnischen Industrie[22]) und ferner ein Aufsatz zur Auslegung von Kriegsklauseln bei technischen Aufträgen[23]). Ein Artikel über Patente und Warenzeichen im Kriege bringt eine Zusammenstellung der während des Krieges von England, Frankreich und Rußland erlassenen Bestimmungen, die sich auf den wirtschaftlichen Kampf gegen Deutschland auf dem Gebiete des Schutzrechts beziehen, und der Abwehrmaßregeln Deutschlands, die in der Bundesratsverordnung vom 1. Juli 1915 enthalten sind.

Straßenbahnen. Die vom Verein Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen am 11. März 1916 angenommene Entschließung, nach welcher der Mindesttarif auf 15 Pf erhöht werden solle, ist bei ihrer Durchführung namentlich in Berlin auf Schwierigkeiten gestoßen. Aus diesem Anlaß untersucht Moser[24]), der Syndikus der Großen Berliner Straßenbahn, ob überhaupt Tarifvereinbarungen in Straßenbenutzungsverträgen gegenüber den Bestimmungen der §§ 14 und 21 des preußischen Kleinbahngesetzes rechtsgültig seien. Er gelangt zur Verneinung und ist so glücklich, eine Verfügung des Oberpräsidenten zu Düsseldorf vom 13. Oktober 1916 mit zum Abdruck bringen zu können, in welcher der gleiche Standpunkt vertreten wird.

In einem Rechtsstreit zwischen einer elektrischen Straßenbahnverwaltung und dem Reichstelegraphenfiskus hat v. Rohr[25]) ein eingehendes und interessantes Gutachten über „störende Beeinflussungen" und „Schutzvorkehrungen" im Sinne der §§ 6 und 13 des Telegraphenwegegesetzes (§ 12 und 13 des Telegraphengesetzes) sowie über Begriff und Kostenlast erstattet. Der Umfang der Bestimmung des vorbezeichneten § 12 wird an Hand zweier Reichsgerichtsentscheidungen aus dem Jahre 1902 von Werneburg[26]) behandelt.

Für das **Telegraphenstrafrecht** ist die Entscheidung des Reichsgerichts vom 8. Oktober 1915 von Bedeutung, nach welcher die Strafbestimmungen der §§ 317. 318 RStrGB., betr. die Beschädigung von Telegraphenanlagen, eine vollendete Beschädigung oder Veränderung von Teilen oder Zubehörungen der Anlage voraussetzen und erfordern, daß diese Beschädigungen dann den Betrieb der Anlage gefährden. Nicht eine Gefährdung der Unversehrtheit des körperlichen Bestandes der Anlage durch irgendwelche Handlungen, sondern eine Gefährdung des Betriebes durch eine vollendete Beschädigung erfüllt den Tatbestand des Vergehens[27]).

[1]) Schreiber, Das Recht der Mitbenutzung im Wasserrechte und im Elektrizitätsgesetz, besprochen Wasserwirtschaft 1916, Heft 4, und El. Masch.-Bau 1916, S 147; Schreiber, Die Wirkung der Übergangsbestimmungen auf die Schadenshaftung nach den Entwürfen des Elektrizitätsgesetzes und Wasserrechts, El. Masch.-Bau 1916, S 29. — [2]) Schreiber, Die dritte Teilnovelle des Allg. bürgerl. Gesetzbuchs und die Technik, besprochen El. Masch.-Bau 1916, S 387. — [3]) Mißlin (berichtet über den Entwurf), ETZ 1916, S 471. — [4]) ETZ 1916, S 13, 68, 281. — Martens, Die Rechtsprechung zur Frage der Rechtsverhältnisse von Leitungsnetzen Mitt. Ver. EW 1916, S 329. — Eckstein, Neuere Entscheidungen über den rechtlichen Charakter des Leitungsnetzes, Mitt. Ver. EW 1916, S 332; ferner El. Kraftbetr. 1916, S 106, 180; Mitt. Ver. EW 1916 S 210; Entsch. Oberlandesgericht Stuttgart U. 864/13, ETZ 1916, S 173, 572, endlich Ecksteins Auseinandersetzung mit Thierbach über die Rechtsverhältnisse von Leitungsnetzen, Mitt. Ver. EW 1915, S 412. — [5]) Eckstein, Das Recht an Maschinen, El. Anz. 1916, S 576. — [6]) El. Kraftbetr. 1916, S 106, 127. — [7]) El. Kraftbetr. 1916, S 84. — [8]) ETZ 1915, S 684. — El. Kraftbetr. 1916, S 49. — [9]) Fr. Schmidt, Das Wegerecht für elektr. Leitungen, ETZ. 1916, S 693. — [10]) El. Anz. 1916, S 274. — ETZ 1915, S 79; vgl

JB 1915, S 47. — [11]) Mitt. Ver. EW 1916, S 301. — [12]) El. Anz. 1916, S 215 (vgl. JB 1914, S 17/18 und JB 1915, S 17). — [13]) El. Kraftbetr. 1916, S 48. — Mitt. Ver. EW 1916, S 66. — [14]) El. Kraftbetr. 1916, S 60, 84, 276. — Das Recht 1916, Nr. 159. — [15]) ETZ 1916, S 446. — El. Kraftbetr. 1916, S 206. — [16]) ETZ 1916, S 250. — [17]) Mitt. Ver. EW 1916, S 367. — [18]) El. Kraftbetr. 1916, S 196. — [19]) Urteil vom 1. 11. 1915 (VI. 214/15); El. Kraftbetr. 1916, S 196. — [20]) ETZ 1916, S 670. — [21]) El. Anz. 1916, S 16. — [22]) El. Anz. 1916, S 32. — [23]) El. Anz. 1916, S 46. — [24]) Mitt. Ver. d. Straßenb. u. Kleinb.-Verw. 1916, S 834. — [25]) v. Rohr, Mitt. Ver. d. Straßenb. u. Kleinb.-Verw. 1916, S 93. — ETZ 1916 S 250. — [26]) Dingl. Pol. Journ. 1916, S 385. — [27]) D. Strafrechtsztg. 1916, S 338. — El. Kraftbetr. 1916, S 344.

Technisch-Wirtschaftliches.

Von Dipl.-Ing. M. v. Uslar.

Öffentliche Elektrizitätsversorgung.

Inland. Die mit der sächsischen Thronrede im vorigen Jahre angekündigte Verstaatlichung der Elektrizitätsversorgung (JB 1915, S 21) wurde in Angriff genommen[1]). Die Denkschrift hierzu gibt einen Überblick über die gegenwärtig sehr zersplitterte Stromversorgung des Landes und die Verschiedenheit der Stromsysteme. Der ursprüngliche Gedanke, das Unternehmen des Elektroverbandes unter bestimmten Bedingungen zuzulassen, wurde bei der Nachprüfung aufgegeben. Insbesondere scheiterten die Verhandlungen an der Tariffrage. Im Staatsinteresse steht die Frage obenan, daß die natürliche Verteilung der Industrie und des Gewerbes über das ganze Land und auf kleine und große Gemeinden durch die Bemessung des Strompreises nicht beeinträchtigt werde. Die zweite Forderung ist, daß in eine Zusammenfassung der Elektrizitätsversorgung alle Landesteile gleichmäßig einbezogen werden, unabhängig von ihrer jetzigen Stromversorgungsquelle, wodurch vorhandene Leitungen ausgenutzt und kleinere Kraftwerke einbezogen werden können. Weiter will der Staat seine Kohlenfelder der Elektrizitätsversorgung des Landes dienstbar machen sowie die dafür verwendbaren Wasserkräfte heranziehen. Ferner wird auf die großen Aufgaben des Staates auf dem Gebiete des Verkehrswesens hingewiesen. Schließlich muß der Staat solchen bestehenden Elektrizitätsunternehmungen helfend zur Seite stehen, die den Kapitaldienst für ein allzu großes und kostspieliges Leitungsnetz nicht leisten können oder sonst finanzieller Hilfe und kräftiger Förderung von außen bedürfen. Finanzielle Absichten liegen der Regierung fern. Die Tarife des Staates sollen in der Nähe der Selbstkosten für die eigene Stromerzeugung des einzelnen Abnehmers liegen. Der Staat wollte nun das in der Nähe der staatlichen Kohlenfelder gelegene Werk Hirschfelde erwerben. Der Kaufpreis wurde aber als zu hoch beanstandet, und vom Elektroverbande wurde insbesondere geltend gemacht, daß die Versorgung des Westens notwendiger sei als die des Ostens. Im Westen soll ein zweites Großkraftwerk errichtet und für das ganze Land ein Leitungsplan entworfen werden. Die bestehenden Werke sollen sich im Vertragswege allmählich an das staatliche Netz anschließen. Die Tarifpolitik des Staates soll sich immer mehr in der Richtung eines von der Abnahmemenge möglichst unabhängigen Tarifs entwickeln. Für Einrichtung und Verwaltung des Unternehmens soll eine besondere Direktion gebildet werden, der ein „Landeselektrizitätsrat“ beigegeben wird. Der Gesamtgeldbedarf für 1916/17 ist vorläufig auf rd. 20 Mill. M zu veranschlagen. In einer Petition verlangte der Elektroverband[2]) von den Ständekammern, die Regierungsvorlage abzulehnen und die Regierung zu ersuchen, dem Landtag eine anderweite Denkschrift zu unterbreiten. Es werden Vorschläge gemacht für die rechtliche Stellung und Wirtschaftlichkeit des Unternehmens. Einen guten Überblick über den dermaligen Stand der Frage gibt Beutler[3]), der für die Vor-

schläge des Elektroverbandes eintritt, jedoch die privaten Unternehmungen sogleich einbezogen wissen will. Er ist ein Gegner des Reichsmonopols und schlägt ein gemischt-wirtschaftliches Unternehmen in der Form einer Aktiengesellschaft vor, in dem aber der Staat nicht das Übergewicht haben dürfe, um bei der Verwaltung weitgehende Berücksichtigung der kaufmännischen Gesichtspunkte sicherzustellen. Voigt[4]) stellt in einem Vortrage die Entwicklungsgeschichte der Elektrizitätsversorgung in Sachsen und den übrigen deutschen Bundesstaaten dar und vergleicht die verschiedenen Vorschläge, namentlich vom wirtschaftlichen Standpunkte aus. In einer Petition an die Ständeversammlung vom 2. Juni 1916 wird die am 12. Mai 1916 gefaßte Entschließung des Verbandes Sächsischer Industrieller begründet, worin die Zentralisierung der Elektrizitätsversorgung Sachsens für notwendig erklärt und auch eine staatliche Organisation für die Erzeugung als geeignetes Mittel zur Verbilligung der Preise anerkannt wird. Die Petition tritt für das Zusammengehen von Staat, Gemeinden und Privatunternehmern (Großabnehmern) in der Verwaltung ein.

Über den Entwurf haben referiert P. M. Grempe[5]) und Aumann[6]). Emil Schiff[7]) tritt für ein Reichsmonopol ein und tadelt, daß die Vorlage auf die Anwendung der Zwangsgewalt des Staates im Wege der Gesetzgebung verzichtet habe. Voigt[8]) bestreitet die Behauptung des Regierungsentwurfs, der Staat werde die elektrische Kraft billiger liefern als der Elektroverband, solange nicht in der Frage der Kohlenpreise eindeutige, für den Staat bindende Erklärungen vorliegen. Heiß[9]) befürchtet von der bisherigen Entwicklung der Elektrizitätsversorgung ein privates Monopol der Riesenbetriebe; er zieht das staatliche Monopol von Betrieben vor, die ihrer Natur nach einen monopolistischen Charakter haben, wie die Elektrizitätsversorgung. Er weist darauf hin, daß die Staatsverwaltungen dem Gedanken der Verstaatlichung immer näher getreten sind. A. Grunenberg[10]) wendet sich gegen diese Ausführungen. Belian[11]) bezeichnet die Elektrizitätserzeugung in Großkraftwerken durch den Staat als eine dringende Aufgabe, will aber ihre Verteilung den öffentlichen Gewalten so vorbehalten wissen, daß die kleinere die größere ausschließt. — Über den bedeutenden und wichtigen Vortrag von G. Klingenberg und die anschließenden Erörterungen wird auf S 70 berichtet.

Über das staatliche Walchenseekraftwerk und das für die Verteilung seiner Kraft gegründete Bayernwerk berichtet ausführlich Oskar v. Miller[12]). — Zell[13]) gibt einen Bericht über die Entwicklung des Bayernwerks mit dem Ergebnis, daß die Stromversorgungspolitik für Bayern durch die geographischen Verhältnisse vorgeschrieben sei, im Gegensatz zu Verhältnissen in Verbrauchsgebieten mit Steinkohlenwerken, und spricht sich für die gemischtwirtschaftliche Gesellschaft aus. Monath führte aus, daß der Aufsaugungsprozeß volkswirtschaftlich nicht berechtigter Kleinwerke, wie das Beispiel Württembergs zeige, ohne staatliche Erlasse und Zwang vor sich gehe.

Die Vorstände des deutschen und preußischen Städtetags haben sich gegen die Zentralisierung der Stromversorgung in der Hand des Staates erklärt. J. Kollmann[14]) bestreitet die größere Wirtschaftlichkeit der Großkraftwerke und ihre Zuverlässigkeit als Reserven, nimmt sich der Rechte der Gemeindeverwaltungen an und bekämpft ein Reichsmonopol. Er bestreitet einen durch die bisherige Entwicklung der Stromversorgung herbeigeführten Notstand. — G. Soberski[15]) behandelt die staatlichen Maßnahmen für die einheitliche Elektrizitätsversorgung in den gleichen Staaten und weist auch kurz auf den zwischen der AEG und der Provinz Brandenburg geschlossenen Vertrag hin. Er gibt einen Überblick über den bestehenden Zustand, ohne eigene Vorschläge zu machen. — Wilhelm Beck[16]) legt das Hauptgewicht auf das Vorhandensein von Wasserkräften und Brennstoffen. Die Frage der Verstaatlichung der Elektrizitätsversorgung ist in dem Sonderheft der Zeitschrift für Kommunalpolitik und Kommunalwirtschaft[17]), das sich auch in den kleinen Mitteilungen mit elektrotechnischen Fragen beschäftigt, von vielseitigen Gesichtspunkten behandelt worden.

In der Form eines gemischtwirtschaftlichen Unternehmens hat die Provinz Brandenburg durch einen Vertrag mit der AEG und mit der Kgl. Staatseisenbahnverwaltung die Elektrizitätsversorgung der Provinz vereinheitlicht und zusammengefaßt[18]. Cl. Heiß[19]) greift den Vertrag wegen der für die AEG günstigen und für die Provinz ungünstigen Bedingungen an und hält auch die Verdrängung rein kommunaler Werke durch einen gemischtwirtschaftlichen Betrieb im öffentlichen Interesse für bedenklich.

Die einheitliche Versorgung der Provinz Ostpreußen mit Elektrizität ist dadurch gefördert worden, daß der Provinziallandtag Grundsätze und Vorschriften für die Errichtung von Überlandwerken aufgestellt und zur Unterstützung von Unternehmungen, die sich nach diesen Grundsätzen richten, 10 Mill. M bewilligt hat, worüber G. Roeßler[20]), der die Provinz als Sachverständiger beraten hat, berichtet. R. Pape[21]) hat eine gemischtwirtschaftliche Unternehmung für die Organisation empfohlen und die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätswerke in öffentlicher Verwaltung angegriffen. Heiß[22]) bestreitet dies und bekämpft die gemischtwirtschaftliche Unternehmungsform, die er eingehend[23]) untersucht hat.

Heinrich Schreiber[24]) verwirft das Elektrizitätsmonopol und die Besteuerung der Elektrizität. Er ist ein grundsätzlicher Gegner der Verstaatlichung der Elektrizitätsversorgung, tritt aber für gesetzliche Regelung der Überlassung von Grundstücken zur Führung von Leitungsdrähten und Aufstellung von Masten ein.

Ausland. T. C. Martin[25]) bemerkt, daß die Summierung für einen Gewerbezweig, der alles durchdringt, wie die Elektrizität, zweifelhaft sei. Er schätzt das Einkommen der elektrischen Fabrikations- und Betriebsunternehmungen für das Vorjahr und für 1915 auf 2275 Mill. Dollar. — Mehr als ¾ der in öffentlichen Betrieben verwendeten nordamerikanischen Wasserkräfte werden endgültig und vollständig von 24 Gesellschaften beherrscht[26]). Es zeigt sich eine ausgesprochene Tendenz zur Vergesellschaftung und Gemeinsamkeit der Interessen.

Der Anteil von allen in der elektrotechnischen und in der Fabrikationsindustrie verwendeten Wasserkräften war im Jahre 1911 11,2% in den Zentralstationen installiert. Ihr Anteil ist bis 1912 auf 23,8% gestiegen.

Die verschiedenen großen Elektrizitätsunternehmungen verbreiten ihre Betriebe weit und beherrschen kleinere Gruppen von Betriebsgesellschaften. Wie weit der Einfluß gemeinsamer Direktoren geht, ist unsicher. Manche Elektrizitätserzeugungsgesellschaften haben eine Vertretung durch gemeinsame Direktoren in den größeren Bankgesellschaften. Dieser Einfluß ist von ernster öffentlicher Bedeutung, kann aber in seinem Umfang mangels der Öffentlichkeit zugänglichen Materials nicht bestimmt werden.

A. R. Angelo, Irminger, Axel Möller und Jens Warming haben Normen für die Abschreibungen bei Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerken aufgestellt, die in der ETZ in Übersetzung wiedergegeben werden. Kordt[27]) vergleicht in einer Tabelle die dänischen Vorschläge mit dem Gas- und Wasserfach-Kalender und stellt eigene Vorschläge gegenüber.

Erzeugung und Ausfuhr.

Das Jahr 1916 verlief im Zeichen der Kriegswirtschaft für die deutsche elektrotechnische Industrie günstig. Sie war stark an den Kriegslieferungen beteiligt, und die Arbeitsverhältnisse waren stetiger als dies sonst im Verlaufe eines Jahres der Fall ist[28]). — Die Bedeutung der Verwendung von Sparstoffen ist im Berichtsjahr gestiegen. G. Dettmar[29]) gibt eine Übersicht über die für die Elektrotechnik wichtigsten Sparstoffe und die dafür angewandten Ersatzstoffe, sowie deren wesentliche Eigenschaften, in der alle in Betracht kommenden Fabrikate und Materialien behandelt werden, und die Verwendungsmöglichkeiten der Ersatzstoffe erörtert werden. — Der VDE[30]) hat eine tabellarische Übersicht über Ersatzausführungen veröffentlicht, worin die einzelnen amt-

lichen Bekanntmachungen angeführt werden. Auch in Österreich ist die Verwendung von Sparstoffen mit Erfolg in Angriff genommen worden. Otto Heller[31]) zeigt, wie sich eine ganze Anzahl Werke mit Erfolg bemüht haben, aus ihren Anlagen Kupfer zu gewinnen, um es der Militärverwaltung zur Verfügung zu stellen. Bei den hohen Preisen des Altmaterials war das wirtschaftliche Ergebnis des Umbaus trotz der hohen Löhne befriedigend.

Die Vertreter der deutschen kupfererzeugenden und kupferverbrauchenden Industrien haben sich gemeinsam mit dem Kupferhandel für die Schaffung einer Elektrolytkupfernotierung an der Berliner Metallbörse nach ihrer Wiedereröffnung ausgesprochen, um der Londoner Kupfernotierung den Einfluß auf unser Wirtschaftsleben zu entziehen[32]).

Die Fragen der Weltwirtschaft, des geschlossenen Wirtschaftsstaates und der mitteleuropäischen Wirtschaftsgemeinschaft wurden im Berichtsjahr lebhaft erörtert. Nach J. Jastrow[33]) werde schon der Heißhunger nach Waren nach dem Kriege zur Wiederherstellung der internationalen Handelsbeziehungen führen. Als Aufgabe Deutschlands wird die Organisation eines Nachrichtendienstes von uns und an uns hingestellt.

Zum deutsch-österreichisch-ungarischen Wirtschaftsbündnis führte der preußische Handelsminister Sydow[34]) aus, daß Wirtschaftsfragen keine Gefühls-, sondern Interessenfragen seien, und daß wir uns die Wiederherstellung der Handelsbeziehungen mit den Neutralen und unseren gegenwärtigen Feinden nicht erschweren dürften. Der deutsch-österreichisch-ungarische Wirtschaftsverband[35]) hat dazu eine Zusammenstellung über die Stellungnahme der Regierungen und wirtschaftlichen Körperschaften zu der Frage der Neuregelung der Handelsbeziehungen zwischen den verbündeten Regierungen und eine Gegenüberstellung des deutschen Zolltarifs und des Zolltarifs für die beiden Staaten der österreichisch-ungarischen Monarchie[36]) herausgegeben. — Die Verhandlungen des Mitteleuropäischen Wirtschaftsvereins[37]) haben zu folgender Entschließung geführt: 1. Die Notwendigkeit einer wirtschaftlichen Annäherung noch vor Kriegsende wird neuerlich betont. 2. Es ist wünschenswert, auch die Türkei und Bulgarien einzubeziehen, wobei die Förderung der industriellen und landwirtschaftlichen Interessen ins Auge zu fassen ist. 3. Zur Bearbeitung der Beschlüsse wird eine Arbeitskommission unter Zuziehung von Sachverständigen eingesetzt. — Der Ausschuß des Deutschen Handelstags[38]) begrüßte am 10. Februar die Bestrebungen, eine enge politische, militärische und wirtschaftliche Verbindung zwischen Deutschland und seinen Verbündeten, besonders zwischen Deutschland und Österreich-Ungarn, herzustellen. — E. Honigmann[39]) zeigt, wie bereits ohne Zolleinigung und Kartellierung eine enge Annäherung der Elektroindustrien Deutschlands und Österreich-Ungarns erfolgt ist. — Die Aussichten der deutschen Elektroindustrie im Handel mit der Türkei dürfen nicht überschätzt werden. Die Türkei braucht Kapital, und da hat das deutsche Bankkapital Pionierarbeit zu leisten[40]). Apt[41]) tritt für die Schaffung eines eigenen Außenhandelsamtes ein, das Sammlungen von Mustern und Rohstoffen, technologische Institute und eine Auskunftsstelle mit einem weltwirtschaftlichen Archiv einzurichten habe. — Nelson, der Geschäftsführer des British Westinghouse Club, führt das Zurückbleiben der elektrotechnischen Industrie Englands gegenüber der deutschen darauf zurück, daß es an einer einheitlichen Organisation fehle und England im Banksystem und Einkaufverfahren der Rohstoffe zurückstehe und überhaupt an überkonservativen Methoden festhalte. Ihm schließt sich Thornton, der Direktor der Great Eastern Railway, an (Sitzung der British Electrical and Allied Manufactures' Association). Alle Redner verlangen Deutschlands Vernichtung, nur einer warnte davor, sich ein falsches Bild von Deutschland zu machen. Weiter wurde die Ausschließung Deutschlands und Österreich-Ungarns von den englischen Handelsbeziehungen für immer verlangt. Dagegen zeigt Gurewitsch im Elektrochestvo, daß die englische elektrotechnische Industrie, die wegen des Vorherrschens der Gasindustrie nur gering entwickelt sei, die deutsche

auf dem russischen Markte nicht werde ersetzen können. England sei auch in Zukunft im wesentlichen auf die Einfuhr angewiesen. — Dagegen sprachen sich auf einer großen Versammlung in Manchester hervorragende Politiker für den Wirtschaftsfrieden mit den Zentralmächten und die Aufrechterhaltung des Freihandels aus. Hugh Bell führt aus, daß England, selbst wenn es könnte, den deutschen Handel nicht vernichten dürfe, und daß es dies auch nicht wollen könne. Annan Bryce führte auf der Generalversammlung der British Westinghouse El. & Mfg. Co. aus, daß der Aufschwung des Jahres 1915 der Ausschaltung der deutschen Konkurrenz zu verdanken sei, und er hoffe, dieser Wettbewerb könne nach dem Friedensschluß noch einige Jahre zurückgehalten werden[42]).

Dr. Paul Meyer[43]) gibt einen Überblick über Wesen, Verbreitung und soziale Bedeutung der Spezialfabriken, sowie über ihre Leistungen während des Krieges, aus dem die Vielseitigkeit und Bedeutung dieser Fabriken ersichtlich ist. Verfasser erwartet, daß die Spezialfabriken die Kriegszeit ohne Schädigung überstehen. — C. Loebner[44]) gibt eine eingehende Schilderung der technischen Organisation von Überlandwerkzentralen mit Formularen. Er zeigt, wie sich eine solche Organisation aus einem einzigen Überlandwerksbureau mit der Entwicklung des Werks immer weiter verzweigt.

In Österreich-Ungarn wurde die elektrotechnische Industrie, wie E. Honigmann[45]) berichtet, durch die Wirkungen des Krieges zwar anfangs erschüttert, hob sich aber bald wieder infolge der Umstellung auf Kriegslieferungen trotz des Arbeitermangels und der erschwerten Brennstoffbeschaffung. Der Strombedarf des Kleingewerbes, der Handelsgeschäfte, Theater usw. ging zurück; doch brachten die hohen Petroleumpreise neue Anschlüsse. Die elektrischen Bahnen erwiesen sich auch für militärische Zwecke als wichtig. Die elektrotechnische Industrie hat sich der neuen Lage angepaßt. Für 1914 wurden ganz annehmbare Gewinne erzielt, die 1915 noch besser sein werden[46]).

In den ersten Kriegsmonaten konnten die auf Ausfuhr angewiesenen schweizerischen Fabriken[47]) wegen der Mobilisation und Verkehrsunterbrechung nur mit Betriebseinschränkung arbeiten. Im Frühjahr 1915 trat eine Verbesserung der Arbeitsverhältnisse und allseitige Belebung der industriellen Tätigkeit ein und hat seitdem angehalten. Die Einfuhr dynamoelektrischer Maschinen hat im Jahre 1916 gegen 1915 stark zugenommen. Durch Errichtung einer zentralen Exportstelle will man die während des Krieges neu gewonnenen Absatzgebiete sichern.

Conti[48]) gab in Mailand den Bestrebungen, sich von den Zufuhren des Auslandes unabhängig zu machen, Ausdruck. Er verlangte Ausbau der Wasserkräfte unter Mithilfe der Regierung, um die Einfuhr fremder Kohlen zu beschränken. Durch den Ausbau von 1 Mill. PS könnte die Hälfte der Kohleneinfuhr gespart werden. Er verweist auf die verschiedenen Ausdehnungsmöglichkeiten der Elektroindustrie im Hüttenwesen, der Landwirtschaft usw. und errechnet 250 Mill. Lire Überschüsse. Fumero[49]) verlangt in Elettricità für die italienische Industrie Aufhebung aller bisherigen Vergünstigungen für die ausländische Industrie. Zu Lieferungen an den Staat und die Behörden sollen nur die einheimischen Fabrikanten zugelassen werden. Er verlangt erhöhten Zollschutz für elektrische Maschinen und Schutz der rechtlichen Interessen der Konzessionäre durch Festsetzung von Höchstpreisen. Der Staat soll nicht mehr befugt sein, das Recht der Ablehnung der Lieferung oder der Zahlung durch Vertrag festzulegen. Teilzahlungen sollen geleistet werden, damit die Fabriken nicht Banken des Staates werden. Durch Hinausschiebung der Zahlungen werde jetzt das Kapital festgelegt. Er tritt ferner für Steuererniedrigung und Herabsetzung der Tarife der Eisenbahnen und Schiffahrtsgesellschaften ein. Den Engländern behagen diese Forderungen wenig.

Die 12 größten Londoner Elektrizitäts-Gesellschaften konnten während des Krieges nur wenig neues Kapital investieren, sie mußten zufolge der hohen Kohlenpreise ihre Dividenden herabsetzen. Die Kohlenfrage ist für die ganze

englische Elektrizitätsindustrie eine ernste Tatsache, der Preis ist um 50% gestiegen bei gleichzeitiger Verschlechterung der Qualität. Auffallend sind auch die geringen Abschreibungen[50]). Dagegen waren nach einem Bericht der Frankfurter Zeitung vom 4. August gerade die Rückstellungen der Elektrizitäts-Gesellschaften bedeutend höher als die der Gaswerke und die Dividenden 1915 etwa gleich hoch wie im Vorjahre[51]).

Die russische Elektroindustrie kann den eigenen Bedarf des Landes wegen Mangel an Rohstoffen und geeigneten Arbeitskräften nicht decken. Aus der umfangreichen Statistik[52]) für die Jahre 1904 bis 1913 ergibt sich, daß bei der Einfuhr nach Rußland Deutschland weitaus an erster Stelle stand. Nach dem Bericht der Electrical Review hatte Deutschland bis zum Kriegsbeginn das russische Starkstromgeschäft zum überwiegenden Teil in Händen.

In einem Bericht über die Vereinigten Staaten kommt A. Hummel[53]) zu dem Ergebnis, daß bisher der prozentuale Anteil der Vereinigten Staaten am Gesamthandel Südamerikas nur gering war, daß aber die Errichtung von Auslandsbanken und die Schaffung eines Diskontmarktes einen Schritt vorwärts bedeute. Der Erfolg der amerikanischen Industrie beruhe auf der Vereinheitlichung in der Herstellung von Massenartikeln (Standard product). — Nach Th. Schuchart[54]) ist die amerikanische Geschäftswelt über den Erfolg ihrer Bemühungen in Südamerika arg enttäuscht, wofür die Gründe angeführt werden. Die ganze Kraft der amerikanischen Industrie wird nach Beendigung des Krieges zur Geltung kommen. — Eine Übersicht über die Zunahme des Außenhandels der Vereinigten Staaten während des Krieges bringt die ETZ[55]).

Die American International Corporation, die auch das Ausfuhrgeschäft in die Hand nehmen will, ist mit einem Aktienkapital von 50 Mill. Dollar gegründet worden. Sie will nach ihrer Satzung den Bau von Telephon- und Telegraphenanlagen, von elektrischen Licht- und Kraftanlagen, sowie von Dämmen und Stauanlagen in der ganzen Welt fördern; sie wird sich zunächst der Ausfuhr nach Südamerika widmen. Man bezweckt mit der Gründung die finanzielle Unterstützung der europäischen Märkte und die Anknüpfung geschäftlicher Außenhandelsbeziehungen[56]).

G. T. Milner[57]), der Handelsbevollmächtigte für Australien, hält Australien für ein geeignetes Feld für den Verkauf von elektrischen Maschinen, Einrichtungen und Gebrauchsgegenständen. England müsse mit der amerikanischen und japanischen Konkurrenz rechnen.

Nach einem Bericht des amerikanischen Generalkonsuls[58]) in Yokohama ist die japanische Elektrizitätsindustrie in den letzten 25 Jahren beträchtlich gewachsen, so daß Japan für seinen eigenen Bedarf nicht mehr auf das Ausland angewiesen ist. Motoren werden zu mäßigen, teils billigen Preisen hergestellt, ebenso Transformatoren. In elektrischem Leitungsmaterial kann sich Japan mit Europa und Amerika in Güte und Preisen messen. Isolierporzellan und Glas wird gut und billig geliefert. Schalttafeln, Instrumente und Zähler dagegen für höhere Ansprüche werden auch heute noch eingeführt; für den täglichen Gebrauch genügen die japanischen Erzeugnisse. Das gleiche gilt von Laboratoriums- und Prüfinstrumenten. Telephone führt Japan schon viel aus. Die übrigen elektrischen Apparate werden von kleinen japanischen Fabriken hergestellt.

[1]) Dekret 23 an die Stände, die Einleitung und den künftigen Ausbau einer staatlichen Elektrizitätsversorgung betreffend, vom 12. März 1916. 86 S. fol. mit Karten und Diagrammen. — [2]) Petition des Verbandes der im Gemeindebesitze befindlichen Elektrizitätswerke Sachsens, die Einleitung und den künftigen Ausbau einer staatlichen Elektrizitätsversorgung des Königreichs Sachsen betreffend. 33 S. fol. Dresden 1916. — [3]) Beutler, Die geplante staatliche Elektrizitätsversorgung im Königreich Sachsen. Berlin 1916, Julius Springer. 42 S 8⁰. — [4]) Voigt, Die staatliche Elektrizitätsversorgung des Königreichs Sachsen. Bericht über die Sitzung des Großen Ausschusses des Verbandes vom 12. Mai 1916. 17. Heft der Veröffentlichungen des Verbandes Sächsischer Industrieller. Dresden 1916, F. Emil Boden G. m. b. H. — [5]) P. M. Grempe, Z. Beleucht. 1916, S 63. —

[6]) Aumann, ETZ 1916, S 353, 372, 383. — [7]) E. Schiff, Dresdner Neueste Nachrichten vom 2. April 1916. — [8]) Voigt, Leipziger Tageblatt Nr. 173 vom 5. April 1916. — [9]) Cl. Heiß, Deutsche Arbeit, 1. Jg, S 575. — Soziale Kultur, 36. Jg, S 620. — [10]) A. Grunenberg, Verstaatlichung der Elektrizitätsversorgung und Besteuerung des elektrischen Stromes. Berlin 1917, Puttkammer & Mühlbrecht. — [11]) Belian, ETZ 1916, S 185. — [12]) Oskar v. Miller, ETZ 1916, S 85, 102. — [13]) Zell, ETZ 1916, S 710. — [14]) J. Kollmann, Z. Komw. u. Kompol. 1916, S 369. — [15]) G. Soberski, Z. Komw. u. Kompol. 1916, S 374. — El. Kraftbetr. 1916, S. 209, 221, 282, 325. — [16]) Wilhelm Beck, Z. Komw. u. Kompol. 1916, S 384. — [17]) Z. Komw. u. Kompol. 1916, Nr 23/24. — [18]) ETZ 1916, S 301. — [19]) Cl. Heiß, Kommunale Praxis 1916, Sp. 641. — Technik und Wirtschaft 1916, S 324. — [20]) G. Roeßler, ETZ 1916, S 481; s. a. S 92 u. 199. — [21]) R. Pape, Archiv für Gewerbepolitik und Volkswirtschaft 1916, Nr 2. — Ostpreuß. Heimat 1916, S 191. — [22]) Cl. Heiß, Ostpreuß. Heimat 1916, Sp 148. — Z. Komw. u. Kompol. 1917, S 3. — [23]) Cl. Heiß, Schmollers Jahrb. Bd 40, S 841. — [24]) H. Schreiber, El. Masch.-Bau 1916, S 188, 202. — [25]) T. C. Martin, El. World Bd 67, S 13. — [26]) El. World Bd 67, S 302. — [27]) Kordt, Jl. Gas Wasser 1916, S 288. — [28]) ETZ 1916, S 139. — [29]) G. Dettmar, ETZ 1916, S 561, 573. — [30]) VDE, ETZ 1916, S 688. — [31]) O. Heller, El. Masch.-Bau 1916, S 17. — [32]) ETZ 1916, S 164. — [33]) Jastrow, ETZ 1916, S 374. — [34]) Sydow, ETZ 1916, S 152. — [35]) ETZ 1916, S 216. — [36]) Paul Brandt, Gegenüberstellung des deutschen Zolltarifs und des Vertragszolltarifs für die beiden Staaten der österreich.-ungar. Monarchie. Berlin 1917, Neudeutsche Verlagsges. m. b. H. — [37]) Mitteleurop. Wirtschaftsverein, ETZ 1916, S 84. — [38]) Deutscher Handelstag, ETZ 1916, S 112. — [39]) E. Honigmann, ETZ 1916, S 404. — [40]) ETZ 1916, S 395. — [41]) Apt, Außenhandelsamt. Ein Zentralamt zur Förderung des deutschen Außenhandels. Leipzig 1916, Quelle & Meyer. — ETZ 1916, S 415. — [42]) v. Langermann, ETZ 1916, S 255, 295. — [43]) Dr. Paul Meyer, El. Anz. 1916, S 226. — [44]) C. Loebner, El. Anz. 1916, S 133. — [45]) E. Honigmann, ETZ 1916, S 43. — [46]) ETZ 1916, S 175. — [47]) ETZ 1916, S 339. — [48]) Conti, ETZ 1916, S 127. — [49]) Fumero, ETZ 1916, S 15. — [50]) ETZ 1916, S 379, 479. — [51]) El. Rev. (Ldn.) Bd 76, S 228. — [52]) ETZ 1916, S 623. — [53]) A. A. Brandt, ETZ 1916, S 27. — [54]) ETZ 1916, S 71. — [55]) ETZ 1916, S 647. — [56]) ETZ 1916, S 283. — [57]) G. T. Milner, ETZ 1916, S 311. — [58]) ETZ 1916, S 423.

Technische Vorschriften und Normalien.

Von Generalsekretär G. Dettmar.

Das Kgl. Preußische Ministerium der öffentlichen Arbeiten hat an den im Jahre 1914 neu bearbeiteten „Bedingungen für fremde Starkstromleitungen auf Bahngelände“, welche ETZ 1914, S. 803 veröffentlicht waren, einige Änderungen[1]) vorgenommen.

Die Arbeiten des Verbandes Deutscher Elektrotechniker standen im Jahre 1916 ebenso wie im Vorjahre fast ausschließlich unter dem Einfluß des Krieges. Sie erstreckten sich im wesentlichen auf Vorschriften über den Ersatz von Baustoffen, welche knapp geworden waren. Nur in einer Beziehung wurde eine Neuarbeit aufgenommen, welche aber auch im Zusammenhang mit dem Kriege steht. Es wurden nämlich Normalien für dreiteilige Taschenlampenbatterien[2]) in Gemeinschaft mit dem Verband der Fabrikanten von Taschenlampenbatterien in Deutschland ausgearbeitet. Darin sind die wichtigsten Abmessungen, die Eigenschaften der Batterien und die Prüfmethoden festgelegt. Zur Aufklärung wurden noch besondere Erläuterungen diesen Normalien beigegeben.

Die im Jahre 1915 schon begonnene Normalisierung von Drähten und Kabeln mit Ersatzmaterial wurde während des Jahres 1916 fortgesetzt. Es wurden einige neue Leitungsarten[3]) geschaffen und zum Teil auch an den im Vorjahre aufgestellten Normalien einige Abänderungen, wie sie durch den Wechsel in den Verhältnissen bedingt waren, vorgenommen. Bei Bleikabeln wurde die Wandstärke zur Ersparnis von Material soweit wie möglich herab-

gesetzt. Die Kupfernormalien[3]) wurden gleichfalls dahin geändert, daß für Leitungskupfer ein höherer Widerstand zugelassen wurde. — In den Normalien für Freileitungen[4]) wurde ein Ersatz für das Aufhanfen von Isolatoren vorgesehen und bei Elektrizitätszählern[5]) die Frage der Zulassung von solchen mit Ersatzmetallen geregelt. Über die Verwendbarkeit der Ersatzmetalle bei Elektrizitätszählern wurden außerdem genaue Angaben gemacht. — Die Maschinennormalien-Kommission hat sich eingehend mit der Frage beschäftigt, inwieweit Kupfer durch Aluminium und Zink ersetzbar ist, und dementsprechend Angaben über elektrische Maschinen, welche mit Ersatzmetall[6]) gebaut sind, herausgegeben. Ebenso wurden die Anschlußbedingungen[7]) für Elektromotoren für die Dauer des Krieges einer Änderung unterworfen. — Die Kommissionen für Installationsmaterial und für Schaltapparate haben ihre Arbeiten aus dem Jahre 1915, den gegebenen Verhältnissen entsprechend, einer Durchsicht und Ergänzung unterzogen und neue Bestimmungen über den Bau von Installationsmaterial und Schaltapparaten[8]) herausgegeben. — Schließlich wurde noch allgemein darauf hingewiesen, daß mit der Verwendung von Apparaten möglichst sparsam umgegangen werden soll, und zwar im Anschluß an ein von der Metallfreigabestelle herausgegebenes „Merkblatt über aufschiebbare Beschaffungen"[9]). — Zur Erleichterung der verschiedenen Veröffentlichungen über Ersatzausführungen in der Elektrotechnik[10]) wurde eine Tabelle ausgearbeitet, in welcher für die wichtigsten Fabrikate der Elektrotechnik die Friedensausführung und Kriegsausführung gegenübergestellt wurden unter Hinzufügung aller in Frage kommenden Literaturstellen.

Die in Deutschland tätigen Feuerversicherungs-Gesellschaften haben ihre früher aufgestellten Sicherheitsvorschriften im Einvernehmen mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker einer Revision unterzogen und unter dem Titel „Errichtungsvorschriften und Betriebsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen"[11]) herausgegeben. Sie sind jetzt bis auf wenige nebensächliche Punkte, welche durch die besonderen Verhältnisse bei der Feuerversicherung bedingt sind, in Übereinstimmung mit den Errichtungs- und Betriebsvorschriften des Verbandes.

Der Elektrotechnische Verein in Wien hat seinen früher herausgegebenen Sicherheitsvorschriften[12]) einen dritten Anhang „Sondervorschriften für die Ausführung und den Betrieb von elektrischen Anlagen in Theatern" hinzugefügt und in einem 4. Anhang Angaben über die Verwendung von Kupfer minderer Leitfähigkeit und von Zink gemacht. Ein 5. Anhang handelt von der Ausführung von Freileitungen und ein 6. Anhang von der Verwendung von Aluminium. Er hat des weiteren einen Vorschlag gemacht zur einheitlichen Bezeichnung von Motorschutzarten[13]). Die endgültige Erledigung dieser Angelegenheit wird aber erst später erfolgen können.

[1]) ETZ 1916, S 530. — El. Kraftbetr. 1916, S 32. — [2]) ETZ 1916, S 489. — [3]) ETZ 1916, S 162, 489. — [4]) ETZ 1916, S 173. — [5]) ETZ 1916, S 201, 558. — [6]) ETZ 1916, S 421, 530. — [7]) ETZ 1916, S 293. — [8]) ETZ 1916, S 434. — [9]) ETZ 1916, S 671. — [10]) ETZ 1916, S 688. — [11]) ETZ 1916, S 82. — [12]) El. Masch.-Bau 1916, S 101, 111, 195, 281, 569. — [13]) El. Masch.-Bau 1916, S 60.



A. Elektromechanik.

II. Elektromaschinenbau.

Allgemeines. Von Oberlehrer Dipl.-Ing. Wilhelm Gruhl, Berlin. — Gleichstrommaschinen. Von Oberlehrer Dipl.-Ing. Wilhelm Gruhl, Berlin. — Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren. Von Dr.-Ing. Franz Hillebrand, Berlin. — Induktionsmotoren. Von Oberingenieur W. Zederbohm, Berlin. — Wechselstrom-Kommutatormotoren. Von Oberingenieur M. Schenkel, Berlin. — Rotierende Umformer und Gleichrichter, Transformatoren, Elektromagnete. Von Oberingenieur F. Paufler, Berlin. — Maschinenmessungen. Von Generalsekretär Leo Schüler, Berlin. — Betrieb: Regelung, Parallelbetrieb, Ein- und Ausschalten (Verfahren). Von Generalsekretär Leo Schüler, Berlin. — Anlasser, Regulierschalter, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin.

Allgemeines.

Von Oberlehrer Dipl.-Ing. Wilhelm Gruhl.

Umfang der Maschinenerzeugung. Die durch den Krieg herbeigeführte starke Beanspruchung aller Energiequellen macht sich auch in der weitgehenden Nachfrage nach elektrischen Maschinen und Motoren geltend. Die Erkenntnis, daß die Erzeugung des elektrischen Stromes an den Orten des Vorkommens der Energiequellen selbst am wirtschaftlichsten erfolgt, ergab die Notwendigkeit des Baues von Kraftanlagen mit Maschineneinheiten von über 20000 bis zu 60000 kVA Leistung. Die Erweiterung und Vermehrung der Überland- und Großkraftwerke haben namentlich den führenden Elektrizitätsfirmen wachsende Aufträge gerade während des Krieges zugeführt.

Preise. A. Brückmann[1]) gibt Kurven, aus denen die Preise von neuen und gebrauchten Maschinen, Motoren und Transformatoren in Abhängigkeit vom Drehmoment entnommen werden können. In einem Aufsatz von Ruß[2]) wird die graphische Darstellung der Preise und Gewichte elektrischer Maschinen behandelt.

Baustoffe. Der elektrotechnischen Industrie ist durch die Absperrung vom Ausland ein wichtiger Rohstoff, das Kupfer, entzogen worden. Der Elektromaschinenbauer ist gezwungen, das Kupfer in elektrischen Maschinen durch andere Metalle zu ersetzen. Als Ersatz kommen während des Krieges Zink und Eisen in Frage. R. Richter[3]) hat sich in seinem Buche: „Elektrische Maschinen mit Wicklungen aus Aluminium, Zink und Eisen“ der dankenswerten Arbeit unterzogen, die in Frage kommenden Maschinengattungen für Wicklungen aus den genannten Ersatzmetallen durchzurechnen, zu den Kupfermaschinen in Vergleich zu stellen und die Wirtschaftlichkeit der Metallmaschinen zu untersuchen. Das Buch wird jedem Maschinenbauer beim Entwurf von Maschinen mit Wicklungen aus anderen Metallen als Kupfer ein guter Wegweiser sein. Auch für die Beantwortung der Frage, in welchem Umfang auch in Friedenszeiten das Kupfer durch andere Metalle ersetzt werden kann, wird das Werk eine Grundlage geben. — Ein kleiner Aufsatz[4]) der ETZ bringt kurze

Angaben über Maschinen mit Zinkwicklungen, wie sie von den SSW angeboten werden. A. Sengel[5]) gibt die Versuchsergebnisse eines Zinkmotors. — Auch die Frage der Isolierstoffe ist erörtert worden. L. Schüler[6]) berichtet über die im Auftrage des Elektrotechn. Vereins im Kgl. Materialprüfungsamt ausgeführten Versuche über die Wärmebeständigkeit von Baumwolle und Papier. Diese Isolierstoffe wurden längere Zeit Temperaturen von 95° bis 120° C sowohl in Luft als auch unter Öl ausgesetzt und die hierdurch bewirkte Abnahme der Zerreißfestigkeit gemessen. Hieraus werden Schlüsse gezogen auf die zulässige Erwärmung elektrischer Maschinen und Transformatoren.

Allgemeiner Aufbau. In einem längeren Aufsatz weist Mauermann[7]) auf diejenige Bauform der Bahnmotoren hin, die nach dem heutigen Stande als die betriebssicherste zu betrachten ist, und die die geringsten Unterhaltungskosten bedingt. Mit Bezug auf vorstehende Arbeit gibt Adler[8]) noch einige Fingerzeige hinsichtlich der günstigsten Bauart der Bahnmotoren. Mit der Konstruktion der Generatoren für Wasserkraftanlagen beschäftigt sich ein umfangreicher Aufsatz von Schapira[9]). Es werden an Hand zahlreicher Abbildungen die Ausführungen der verschiedenen Firmen eingehend beschrieben. Wolf[10]) gibt Beiträge zur praktischen Ausführung von Ankerwicklungen. Schopper[11]) bespricht die Herstellung von Kollektoren. Ein Aufsatz von Gibson[12]) behandelt allgemein die Lagerung elektrischer Maschinen. Mit dem Bau und Betrieb der Luftfilter für Turbogeneratoren beschäftigt sich ein größerer Aufsatz von Schapira[13]).

Theorie und Berechnung. Die Leistungskonstante der elektrischen Maschinen behandelt ein Aufsatz von Závada[14]). M. Walker[15]) versucht eine allgemeine Berechnungsmethode zu entwickeln, die erlauben soll, das Verhalten aller Arten elektr. Maschinen aus ihren Abmessungen zu bestimmen. Die Arbeit bietet nichts Neues. L. Dreyfus[16]) untersucht in einer umfangreichen Arbeit auf analytischem Wege die Magnetisierungsvorgänge für den Fall, daß Wechselflüsse durch massive Joche und Pole von Dynamomaschinen geleitet werden. In einem weiteren Aufsatz behandelt Dreyfus[17]) die Frage der Feldverteilung und der Wirbelstrombildung in den Ankern der Dynamomaschinen bei Ummagnetisierung durch Wechsel- und Drehfelder hoher Frequenz. Mit der magnetischen Leitfähigkeit im Hochfrequenzmaschinenbau beschäftigt sich auch ein Aufsatz von Faßbender[18]). Im Anschluß an die Arbeit von Weichsel (siehe JB 1915, S 29) über die Zerlegung von Wechselfeldern in ihre Grund- und Oberschwingungen ist ein Meinungsaustausch[19]) zu erwähnen. Ein Aufsatz von Clayton[20]) behandelt die dritte Oberschwingung in der Phasenspannung von Drehstromgeneratoren mit Zylinderrotoren. Závada[21]) gibt graphische Hilfsmittel, um die für die Zahnmagnetisierung erforderlichen Amperewindungen schnell bestimmen zu können. In einem längeren Aufsatz von Smith[22]) wird die Berechnung elektrischer Maschinen behandelt. Ein Meinungsaustausch zwischen Parker und Smith[23]) bezieht sich auf dieselbe Arbeit. Im Anschluß an die Arbeit von Field (JB 1915, S 27) sind weitere Erörterungen[24]) über die Schwierigkeiten beim Entwurf von Hochspannungsgeneratoren zu nennen. Ein Aufsatz von C. W. Carter[25]) beschäftigt sich mit den Verlusten durch Wirbelströme in den Zähnen der Dynamoanker. Rogowski[26]) zeigt, daß nicht jede Unterteilung eines Leiters zu einer Herabsetzung des Wechselstromwiderstandes führt. J. Löffler[27]) gibt zwei einfache Regeln, nach denen die richtigen Verbindungen der Wendepolspulen mit den Bürstenbolzen schon beim Entwurf der Maschinen bestimmt werden können. Th. Carter[28]) gibt Anhaltspunkte für die Berechnung der Abmessungen von Kommutatoren. Ein Aufsatz von Czepek[29]) beschäftigt sich mit dem Übergangswiderstand zwischen Kohlenbürsten und Kommutator. Biermanns[30]) behandelt die Vorgänge in Ein- und Mehrphasen-Synchronmaschinen bei Unterbrechung des Kurzschlusses. E. G. Merrick[31]) gibt eine angenäherte Lösung des Kurzschlußproblems. Die mechanischen Wellenschwingungen elektrischer Maschinen behandelt ein Aufsatz von Niethammer[32]). Es werden besonders die Vor-

gänge in den Wellen der Synchronmaschinen bei plötzlichem Kurzschluß besprochen. Dollinger[33]) gibt eine graphische Ermittelung der Durchbiegung von zwei- und dreifach gelagerten Wellen elektrischer Maschinen. W. Peukert[34]) untersucht durch Versuch die Abhängigkeit der Reibungsverluste einer Maschine von der Temperatur. Die Verluste nehmen bei steigender Temperatur ab. Rechnerisch wird nachgewiesen, daß der Wirkungsgrad mit wachsender Temperatur ebenfalls zunimmt.

Eisenverluste. Mit den Verlusten im Eisen der Gleichstrommaschinen beschäftigt sich B. G. Lamme[35]). Es werden die Verluste in den einzelnen Eisenteilen der Maschinen näher besprochen. Im Anschluß an die Arbeit von Lamme ist ein Meinungsaustausch[36]) zu erwähnen.

Zusätzliche Kupferverluste. Für den praktischen Gebrauch gibt Niethammer[37]) eine Zusammenstellung der Unterlagen zur Berechnung der zusätzlichen Verluste durch Stromverdrängung in Wechselstrom führenden Leitern. Richter[38]) zeigt in einer sehr umfangreichen Arbeit, daß die vom Nutenfeld hervorgerufene zusätzliche Stromwärme durch Unterteilung der Leiter und durch geeignete Verschränkung in den Querverbindungen sehr wirksam verhindert werden kann. Da sich die Verschränkungen, wie gezeigt wird, sehr bequem und fabrikmäßig herstellen lassen, so sollte mit Rücksicht auf den Wirkungsgrad und auf Erwärmung der Maschinenwicklung in allen Fällen, wo bei massiven Leitern das Widerstandsverhältnis merklich von Eins abweicht (was bei größeren Maschinen fast immer der Fall ist) von der Unterteilung der Leiter und ihrer Verschränkung in den Querverbindungen ausgiebig Gebrauch gemacht werden.

Erwärmung und Kühlung. L. Binder[39]) zeigt in einem Aufsatz über die Kurzschlußerwärmung in Kraftwerken und Überlandnetzen u. a., daß die Temperaturzunahme in Stromerzeugern und Transformatoren selbst bei 10 s dauerndem Kurzschlußstrom noch innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt. Dies gilt auch bei Maschinen, die mit Ersatzmetall gewickelt sind. — Über den Einfluß des atmosphärischen Druckes auf die Erwärmung elektrischer Apparate mit Eigenkühlung gibt eine größere Arbeit von V. M. Montsinger[40]) Aufschluß. B. C. Lamme[41]) gibt Angaben über die Temperaturverteilung in elektrischen Maschinen. Mit der Erwärmung großer Wechselstrommaschinen beschäftigt sich ein Aufsatz von F. D. Newbury[42]).

Stromwendung. R. Knoll[43]) gibt eine Formel, nach der jene Kollektorlamelle bestimmt werden kann, an die eine bestimmte Ankerspule anzuschließen ist, damit sich nach beiden Drehrichtungen die günstigsten Kommutierungsverhältnisse ergeben. An Hand von Schaltbildern von ausgeführten Wicklungen wird die Benutzung der Formel erklärt. Niethammer[44]) berichtet über eine Arbeit von Manduit, die sich mit experimentellen und theoretischen Untersuchungen der Kommutierung von Gleichstrommaschinen beschäftigt. Die beachtenswerte umfangreiche Arbeit wird auch Spezialisten auf dem Gebiete der Kommutation anregendes Material bieten.

[1]) A. Brückmann, ETZ 1916, S 303. — [2]) E. Fr. Ruß, El. Anz. 1916, S 444. — [3]) R. Richter, Elektr. Maschinen mit Wicklungen aus Aluminium, Zink und Eisen, Sammlung Vieweg, Braunschweig. — [4]) ETZ 1916, S 517. — [5]) A. Sengel, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 722. — [6]) L. Schüler, ETZ 1916, S 535. — [7]) R. Mauermann, ETZ 1916, S 369, 382. — [8]) L. Adler, ETZ 1916, S 630. — [9]) B. Schapira, Helios Fachz. 1916, S 233, 241, 254, 259. — [10]) W. Wolf, Helios Fachz. 1916, S 188, 195, 201. — [11]) Th. Schopper, El. Anz. 1916, S 246. — [12]) A. Gibson, El. World Bd 66, S 1437. — [13]) B. Schapira, Helios-Exportz. 1916, S 301, 321, 341, 365, 389. — [14]) B. Závada, El. Masch.-Bau 1916, S 125, 141. — [15]) M. Walker, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 531, 570, 607. — [16]) L. Dreyfus, Arch. El. Bd 5, S 175. — [17]) L. Dreyfus, Arch. El. Bd 4, S 99. — [18]) H. Faßbender, Arch. El. Bd 4, S 140. — [19]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 511. — [20]) A. E. Clayton, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 216. — [21]) B. Závada, El. Masch.-Bau 1916, S 425. — [22]) S. P. Smith, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 280, 320, 360, 427, 461, 493. — [23]) Parker u. Smith, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 528. — [24]) Electr.

(Ldn.) Bd 76, S 488. — [25]) F. W. Carter, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 569. — [26]) W. Rogowski, Z. Instrk. 1916, S 127. — [27]) J. Löffler, ETZ 1916, S 75. — [28]) Th. Carter, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 257. — [29]) R. Czepek, Arch. El. Bd 5, S 161. — [30]) J. Biermanns, Arch. El. Bd 4, S 193. — [31]) E. G. Merrick, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 694. — [32]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau 1916, S 509, 527. — [33]) Dollinger, El. Anz. 1916, S 709, 729, 749. — [34]) W. Peukert, ETZ 1916, S 217. — [35]) B. G. Lamme, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 659. — [36]) B. G. Lamme, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 345. — Disk. S 1100. — [37]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau 1916, S 113. — [38]) R. Richter, Arch. El. Bd 5, S 1. — [39]) L. Binder, ETZ 1916, S 589, 606. — [40]) V. M. Montsinger, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 451. — [41]) B. G. Lamme, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1579. — [42]) F. D. Newbury, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1597. — [43]) R. Knoll, ETZ 1916, S 178. — [44]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1916, S 13.

Gleichstrommaschinen.

Von Oberlehrer Dipl.-Ing. Wilhelm Gruhl.

Auch für das Berichtsjahr 1916 ist über den Bau der Gleichstrommaschine nichts Besonderes zu melden. Ein Aufsatz von Wolf[1]) behandelt Dynamomaschinen für Zugbeleuchtung. H. Armagnat[2]) beschreibt verschiedene Zündmaschinen. Ferner sind zu erwähnen ein Aufsatz[3]) über Gleichstrom-Turbogeneratoren und eine Abhandlung[4]), die sich mit Bahnmotoren für Gleichstrom beschäftigt.

Theorie und Berechnung. Die für den Wirkungsgrad einer Maschine günstigsten Nutenabmessungen werden in einer Arbeit von Jasse[5]) in vielseitiger Weise festgestellt. Es werden einige einfache, leicht zu behaltende Regeln gegeben. Im zweiten Teil der Arbeit wird für eine fertige Maschine der günstigste Belastungspunkt aufgesucht. C. Stenfer[6]) untersucht die Verteilung des magnetischen Flusses in der Wendezone von Gleichstrommaschinen. Auf Grund von Messungen mittels Oszillographen kommt er zu dem Schlusse, daß das Feld des Wendepoles direkt durch die Ankerzähne in den Ankerkörper eintritt und nicht seitlich quer durch die Zähne abbiegt. Gesichtspunkte für den Entwurf von Gleichstrom-Bahnmotoren gibt E. V. Pannell[7]). In einigen Zahlentafeln werden Ausführungsdaten für verschiedene Bahnmotoren gegeben.

[1]) W. Wolf, Z. Beleucht. 1916, S 69, 83. — [2]) H. Armagnat, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 865, 899. — [3]) Helios Exportz. 1916, S 1. — [4]) Engineering Bd 102, S 24. — [5]) E. Jasse, Arch. El. Bd 5, S 87. — [6]) C. Stenfer, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 10. — [7]) E. V. Pannell, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 831, 869. — El. World Bd 67, S 835.

Wechselstromerzeuger und Synchronmaschinen.

Von Dr.-Ing. F. Hillebrand.

Mit der zunehmenden Steigerung der Maschineneinheiten und der Zentralenleistung gewinnen die Erscheinungen beim Kurzschluß von Synchronmaschinen immer erhöhte Bedeutung. In den Arbeiten des vergangenen Berichtsjahres kommt das deutlich zum Ausdruck. Nur wenige beschäftigen sich mit der allgemeinen Theorie der Synchronmaschine. Fast alle behandeln in mehr oder weniger eingehender Weise die Vorgänge beim plötzlichen Kurzschluß der Synchronmaschine.

Vorgänge beim Kurzschluß. Biermanns[1]) bespricht die sich beim plötzlichen einphasigen Kurzschluß einer Synchronmaschine abspielenden physikalischen Vorgänge und löst im Anschluß daran die Differentialgleichung des Problems für eine etwas idealisierte Maschine. Der Verlauf des Kurzschlußstromes und seine Abhängigkeit von der Streuung wird quantitativ bestimmt

und auch die Spannungsverhältnisse der dritten offenen Ständerphase untersucht. Nach kurzer Erläuterung der Vorgänge beim dreiphasigen Kurzschluß werden die theoretischen Ergebnisse experimentell durch Versuche bestätigt und die Wirkung der verschiedenen Schutzmittel gezeigt.

Wesentlich anders wird von Dreyfus[2]) das Problem angefaßt. Das Vektordiagramm, das in der Wechselstromtechnik zur Behandlung stationärer Vorgänge wegen seiner Einfachheit und Klarheit allgemein eingeführt ist, wird von ihm benutzt, um auch die Ausgleicherscheinungen, die der plötzliche drei- und einphasige Kurzschluß von Synchronmaschinen hervorruft, anschaulich darzustellen. Zwischen Ständer und Läufer sind bei nicht stationären Vorgängen zwei Arten von Drehfeldverkettungen möglich. Die Verkettung kann durch ein synchron mit dem Polrad umlaufendes, abklingendes Feld oder durch unter- oder übersynchron gegenüber dem Polrad umlaufende Drehfelder erfolgen. Wie sich der gesamte Vorgang in die beiden Verkettungsformen aufteilt, hängt von dem besonderen Charakter des Ausgleichvorganges ab. Für den plötzlichen Kurzschluß der Synchronmaschine wird dieses allgemeine Prinzip erläutert. Die Amperewindungs- und Feldschwankungen werden durch Linear- und Vektordiagramme dargestellt und zur Berechnung der Ströme und Drehmomentenspitzen einfache Formeln abgeleitet. Auch auf den Einfluß der Eisensättigung, des Polzwischenraumes und der Wirbelströme im Pol und Joch wird eingegangen. In den Ergebnissen stimmen beide Autoren überein.

Gegenüber diesen beiden erschöpfenden Arbeiten treten die übrigen an Bedeutung zurück.

Bei Diamant[3]) liegt der Schwerpunkt auf experimentellem Gebiet. Er sucht die Konstanten der beiden Verkettungsformen, ohne die Maschinen durch große Überströme zu gefährden, durch besondere Versuche zu bestimmen, benutzt sein Verfahren im wesentlichen aber nur zur Ermittelung der Dämpfungsexponenten. Er bemüht sich auch, Grundlagen für die Vorausberechnung der Überströme zu geben, übersieht dabei aber den Einfluß der Konstanten des Erregerkreises auf den maximalen Ankerstromstoß. Die Arbeit enthält reiches Versuchsmaterial.

Niethammer[4]) leitet im Anschluß an den Aufsatz von Boucherot über elektromagnetische Vorgänge beim plötzlichen Kurzschluß von Synchronmaschinen die Kurzschlußreaktanz ein- und mehrphasiger Maschinen und den Kurzschlußstrom bei plötzlichem Kurzschluß ab.

In diesem Zusammenhang ist noch eine Arbeit von Clayton[5]) zu erwähnen, in der für ein- und mehrphasige Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen und mit verteilter Wicklung die Feldverteilung und die Form der Spannungs- und Stromkurve bei stationärem Kurzschluß untersucht wird.

Von **Arbeiten allgemeinen Inhalts** sind nur zwei zu nennen:

Metzler[6]) bespricht den Entwurf von Drehstrom-Synchronmaschinen mit ausgeprägtem Pol, indem er abweichend von der meistens üblichen Berechnungsweise nicht von dem Ausnutzungsfaktor der Maschine, sondern von dem in Aussicht genommenen Kurzschlußstrome ausgeht. Im allgemeinen deckt sich natürlich die Berechnungsweise mit den bekannten.

Schou[7]) behandelt in einer Arbeit über die Erregung synchroner Maschinen die allgemeine Theorie dieser Maschinengruppe. Nach kurzer Erläuterung der bekannten Spannungs- und Amperewindungsdiagramme leitet er Kurven ab, aus denen der Zusammenhang zwischen Erregerleistung und Generatorleistung bei verschiedenen Leistungsfaktoren und verschiedener Umdrehungszahl und Belastung zu ersehen ist. Auch der Synchronmotor in seiner Eigenschaft als Phasenschieber wird kurz erläutert.

Bemerkenswerte **Beschreibungen ausgeführter Synchronmaschinen** finden sich in dem Berichtsjahre nicht[8])[9])[10]).

[1]) J. Biermanns, ETZ 1916, S 579, 592. — [2]) L. Dreyfus, Arch. El. Bd 5, S 103. — [3]) N. S. Diamant, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2043; Disk. 1916, S 479. — [4]) F. Niethammer, El. Masch.-Bau 1916, S 401, 416, 437. — [5]) A. E. Clay-

ton, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 729, 763. — [6]) K. Metzler, El. Masch.-Bau 1916, S 521. — [7]) Th. Schou, El. World Bd 67, S 368, 429. — [8]) Wechselstrom-Turbogeneratoren System Westinghouse, Helios Exportz. 1916, S 3. — [9]) Turbogeneratoren System Curtis, Helios Exportz. 1916, S 25. — [10]) Turbine-driven alternators, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 346.

Induktions-Motoren.

Von Oberingenieur W. Zederbohm.

Wesentliche Neuerscheinungen liegen, wie auch im Vorjahre, nicht vor; wieder ist das gänzliche Fehlen der Literatur über Ausführungen von Induktionsmotoren bemerkenswert.

Die für den Entwurf aller Maschinen wichtigste Größe, die Streuung, findet im Berichtsjahr wieder eine Anzahl Bearbeiter. So berechnet Biedermann[1]) den Streuungskoeffizienten von Induktionsmotoren mit den drei Komponenten für die verkettete, die Nuten- und Wicklungskopfstreuung. Während für die beiden letzten Teile der Motorstreuung nur Faustformeln angegeben werden, findet die verkettete Streuung eine eingehende Bearbeitung. Für diese wird die einfache Beziehung

$$\sigma_1 = 0{,}004 + \frac{B}{S^2}$$

abgeleitet. B ist eine Konstante, die abhängig vom Nutenverhältnis des Ständers zum Läufer ist, und S der Mittelwert der Ständer- und Läufernutenzahl für den Pol. Die Werte für B schwanken bei Nutenverhältnissen von 1 : 2 bis 6 : 7, zwischen 2,4 und 1,9. Für den Fall, daß Ständer und Läufer gleiche Nutenzahl besitzen, ist der Wert für $B = 1{,}4$, wenn S eine ungerade, und 1,3, wenn S eine gerade Zahl ist. Die noch angegebenen Formeln für den Koeffizienten der Nutenstreuung

$$\sigma_2 = \frac{26 \cdot P \cdot \delta}{S \cdot \tau_i}$$

und für den Koeffizienten der Wicklungskopfstreuung

$$\sigma_3 = k \cdot \frac{\tau}{\tau_i} \cdot \frac{\delta}{l_i}$$

seien der Vollständigkeit halber hier nachgetragen. P ist die Nutenleitfähigkeit und $= \frac{e}{v} + \frac{1}{3}\frac{h}{b}$, wo h die Höhe, b die Breite, v die Schlitzweite der Nut und e die Höhe des Nutenschlitzes ist, δ der einseitige Luftspalt, τ die Polteilung, τ_i die Polteilung vermindert um die Nutenschlitze, l_i die Blechpaketlänge ohne Luftschlitze und k ein Erfahrungsfaktor, der für Motoren mit Schleifringläufer = 4, für Motoren mit Käfigläufer = 2 gesetzt werden kann.

Vergleiche der Rechnungswerte mit Messungen an ausgeführten Motoren geben eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung, die Abweichungen liegen zwischen — 20 und + 6%.

In einem zweiten Teil der Arbeit wird die Anwendung der Formeln für den Entwurf von Motoren und eine Reihe Kurventafeln, die die Abhängigkeit des Streukoeffizienten σ von der Nutenteilung für verschiedene Werte von Polzahl, D^2_i und dem Verhältnis Luftspalt zu Läuferdurchmesser gegeben.

Mit dem gleichen Ziel der Berechnung des Streukoeffizienten beschäftigt sich eine Arbeit von Chapman[2]). Er kommt durch allgemeine Überlegung zu dem Schluß, daß der Einfluß der Oberfelder auf die verkettete Streuung vernachlässigbar ist, und damit zu dem gleichen Resultat, das Biedermann durch genauere mathematische Ableitung erzielte. Besonders berücksichtigt

wird der Einfluß der Zahnsättigung und gefunden, daß die verkettete Streuung hierdurch um 10—15% verringert wird, wenn das Verhältnis Luftspalt-AW: gesamt $AW = 1{,}4$ ist. Die erhaltenen Resultate stimmen mit den von Biedermann errechneten gut überein, die Endformeln sind jedoch etwas unübersichtlicher als die oben angegebenen.

In Ergänzung seiner früheren im JB 1915 besprochenen Arbeit gibt Metzler[3]) an, daß die von ihm aufgestellte Bedingung für den kleinsten Streufaktor, Nutenstreuung = Stirnstreuung, nur bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Überlastbarkeit gilt. Bei Vernachlässigung dieser wird für das Minimum des Streukoeffizienten die Nutenstreuung = 2 × Stirnstreuung.

Für die Beziehung zwischen Drehmoment und Schlüpfung stellt Kloß[4]) eine sehr einfache Beziehung auf, deren graphische Darstellung eine für alle Motoren und für alle Werte des sekundären Widerstandes gültige Normalkurve ergibt. Erreicht wird diese Einfachheit dadurch, daß als neuer Kennwert für den Motor die zum Höchstdrehmoment D_m gehörige Schlüpfung, die „Abfallschlüpfung" σ_m eingeführt wird und Drehmoment D und Schlüpfung σ nicht in ihren wahren Werten, sondern in ihrem Verhältnis zu den beiden genannten ausgezeichneten Werten dargestellt werden. Die Ableitung dieser Gleichung geschieht zuerst mit Hilfe der einfachen geometrischen Beziehungen des einfachen Heylandkreises unter Vernachlässigung des Ständerwiderstandes. Sie lautet:

$$\frac{D}{D_m} = \frac{2}{\frac{\sigma}{\sigma_m} + \frac{\sigma_m}{\sigma}}$$

oder, wenn man das Drehmoment nicht in seinem wirklichen Wert, sondern als Bruchteil des Höchstdrehmoments setzt ($y = D/D_m$) und die Schlüpfung in Einheiten von der Abfallschlüpfung ausdrückt ($x = \sigma/\sigma_m$), sie also nicht auf die Synchrondrehzahl bezieht:

$$y = \frac{2}{x + \frac{1}{x}}$$

Unter Berücksichtigung des Statorwiderstandes erhält man folgende Gleichung:

$$y = \frac{2 + z}{x + \frac{1}{x} + z},$$

in Worten gleich dem $\frac{2}{1 + \tau}$ fachen Verhältnis zwischen dem beim ideellen Kurzschlußstrom auftretenden Spannungsabfall ($J_{ki} \cdot r_1$) und der Klemmspannung E_{k1}. z in Abhängigkeit von der Polteilung schwankt zwischen Werten von 0,1 bei 50 cm bis 1 bei 7 cm Polteilung. Für den Wert $z = 0{,}3$, für etwa 14 cm Polteilung, gilt die in Abb. 1 stark ausgezogene Kurve. Für $z = 0$, also bei Vernachlässigung des Ständerwiderstandes, gilt die gestrichelte Kurve. Die Abweichungen, die die beiden Kurven gegeneinander zeigen, sind so gering, daß es für die meisten Fälle der Praxis hinreichend genau ist, mit der zuerst genannten einfachen Formel zu rechnen.

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden u. a. noch einfache Gleichungen abgeleitet, für das Anfahrmoment

$$\frac{D_a}{D_m} = \frac{2}{\frac{1}{\sigma_m} + \sigma_m},$$

für die Bestimmung der Abfallschlüpfung

$$\sigma_m = \frac{R_2 \cdot J_{ki}}{E_0},$$

wo R_2 der gesamte sekundäre Widerstand jeder Phase, J_{ki} der ideelle Läuferkurzschlußstrom, E_0 die bei offener Läuferwicklung und Stillstand auftretende Phasenspannung darstellt (hier weist Kloß auf die ähnliche, aber falsche Formel von Arnold, Bd 5, 1, 1909, S 622 hin, wo $\sigma_m = \frac{R_2}{X_2}$ und X_2 die Reaktanz des Rotors bei der Statorfrequenz ist). Für den Fall, daß das Anfahrmoment D_a = dem Höchstmoment D_m sein soll, muß $\sigma_m = 1$ werden, der sekundäre Widerstand also $R_{2m} = E_0 / J_{ki}$.

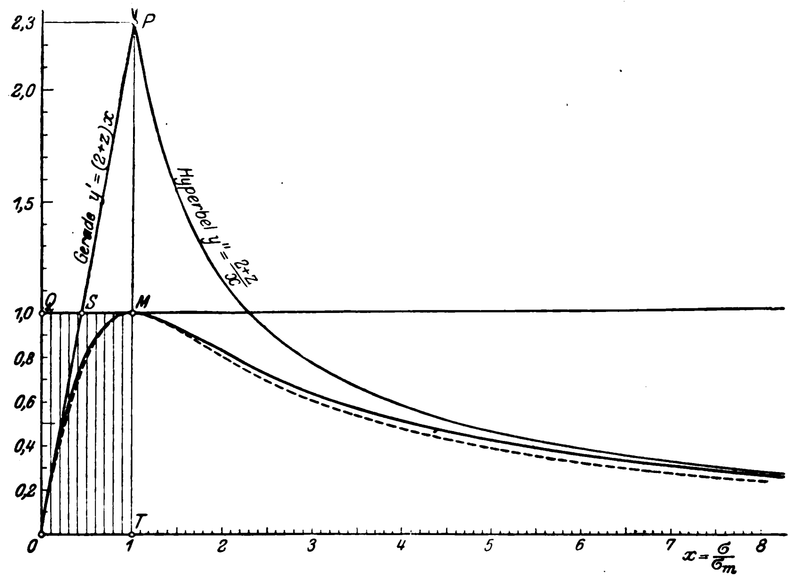


Abbildung 1. Drehmoment und Schlüpfung.

Über die von der Wicklungsverteilung herrührenden Harmonischen und deren Einfluß auf das Anlaufen von Käfigläufermotoren berichtet Mittag[5]). Danach rührt das „Schleichen" von solchen Motoren von den höheren Harmonischen des Drehfeldes her. Die 3. und 7. laufen gegen das Drehfeld und stören in Zweiphasenmotoren beim Anlauf, also zwischen Stillstand und Synchronismus nicht, weil ihre Synchrondrehzahl größer als 100% ($133^1/_3$ für die 3. und $114^2/_7$ für die 7. Oberwelle) ist. Die 5. und 9. stören, da sie mit dem Feld laufen. Ihre Synchrondrehzahl ist 80% für die 5. und $88^2/_9$ für die 9. Die höheren Harmonischen erzeugen Oberfelder, die Drehmomente hervorrufen, deren Höchstwert nahe beim Synchronismus dieser Felder liegt. Ist dieser Wert größer oder ebenso groß als das Anlaufmoment, so ist das Resultat schleichende Motoren. Von maßgeblichem Einfluß sind in der Regel nur die 3. und 5. Harmonische, während die Momente durch die höheren Harmonischen nicht groß und im allgemeinen vernachlässigbar sind. Diese Ableitung gilt zunächst nur für Motoren mit Durchmesserwicklung. Bei $^2/_3$ Sehnung fällt die 3. Harmonische, bei $^4/_5$ die 5. ganz heraus. Ein Zweiphasenmotor mit $^4/_5$ Wicklung gibt selbst bei niedrigem Rotorwiderstand keine Störung im Drehmoment zwischen 0 und Synchronismus. Bei Dreiphasenmotoren fällt die 3. Harmonische heraus, so daß im wesentlichen nur die 5., 7. und 9. übrig bleiben. Die 5. läuft gegen das Grundfeld und hat ihren Synchronismus bei 120% Schlupf, stört also nicht, während die 7. mit $85^5/_7$% Schleichen hervorrufen kann. Auch hier kann durch Sehnung mit $^4/_5$ des normalen Wicklungsschrittes die 5., mit $^6/_7$ die 7. Harmonische herausgebracht werden.

Alle diese Störungen treten in verstärktem Maße bei den besonders in Amerika gebräuchlichen offenen Nuten auf. So ist man auch dort schon zu dem Ergebnis gelangt, zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften die offenen Nuten durch magnetische Eisenkeile zu verschließen. Man verliert dadurch nicht den Vorteil, den die offenen Nuten für die Herstellung der Wicklung haben, und tauscht eine Reihe Vorteile ein, die man sonst in noch erhöhtem Maße nur durch halb geschlossene Nuten erreicht. Einige Betrachtungen und Versuchszahlen über Motoren mit offenen Nuten und magnetischen Verschlußkeilen gibt Ramey[6]), ohne allerdings über die Herstellung und Ausführung der Nutenkeile etwas Näheres zu sagen.

Die schlechten Eigenschaften der Einphaseninduktionsmotoren, geringes Anlaufen und Höchstmoment, schlechter Wirkungsgrad und Leistungsfaktor, sind hinreichend bekannt. Um sich hiervon frei zu machen, hat vor vielen Jahren Arno angegeben, durch Erzeugung einer Kunstphase in einem leer mitlaufenden Einphasenmotor ein Drehstromnetz herzustellen und so den Anschluß von Drehstrommotoren an Einphasennetze möglich zu machen. Rosenbaum[7]) beschreibt und erklärt diese bekannte Schaltung und gibt durch Prüfung festgestellte Beziehungen zwischen der Größe des die 3. Phase erzeugenden Phasenmotors und der Leistung und dem Anfahrmoment der angeschlossenen Motoren. Als praktischer Wert für den Phasenmotor ergibt sich das 1- bis 1,3fache des größten Motors der Anlage. Es sind ferner Prüfzahlen angegeben für eine Kombination Phasenmotor 31 PS, dreiphasig, und Drehstrommotor von 15 PS. Der 15-PS-Drehstrommotor würde als Einphasenmotor 8 PS leisten, in der Arno-Schaltung gibt er 11,3 PS her. Es sind dann noch die Kosten angegeben für eine Anlage von 10 Motoren zu 5 PS, 5 Motoren zu 10 PS, 3 Motoren zu 20 PS und 1 Motor zu 30 PS, in Summa also 190 PS. Sie betragen, wenn die Motoren direkt als Einphasenmotoren an das Netz angeschlossen werden, 21000 M, wenn Dreiphasenmotoren mit Phasenmotor gewählt werden, wobei vorausgesetzt ist, daß jeder Motor 75% seiner Phasenleistung und der Phasenmotor das 1,3fache des größten Motors, also 40 PS leistet, 17500 M.

[1]) E. A. Biedermann, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 48, 132, 204, 277, 347, 453, 493. — [2]) F. T. Chapman, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 663, 705, 730, 904, 936; Bd 78, S 9, 79, 89, 135, 191. — [3]) K. Metzler, ETZ 1916, S 712. — [4]) M. Kloß, Arch. El. Bd 5, S 59. — [5]) A. H. Mittag, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 953. — [6]) Blaine B. Ramey, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 12. — [7]) M. Rosenbaum, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 701.

Wechselstrom-Kommutatormaschinen.

Von Oberingenieur M. Schenkel.

Die Wechselstrom-Kommutatormaschinen in der Praxis.

Büthe[1]) beschreibt die Verwendung des Dérischen Motors für Hebezeuge, wobei die Bauarten, Arbeitsweise und Eigenschaften zur Sprache kommen. — Wintermeyer[2]) behandelt die Verwendung mehrphasiger Kommutatormotoren in der Fördertechnik. — Zwei Berichte[3]) behandeln die Belüftung des Dössentunnels mittels eines Drehstrom-Kommutatormotors von 150 kW, regelbar von 70 bis 200 Umdr./min. — Brown, Boveri & Cie.[4]) beschreiben die Bauart ihrer Dreiphasen-Kommutatormotoren. — In einem Bericht[5]) sind Versuchsergebnisse mitgeteilt, die in einer Anlage mit einem Phasenkompensator erzielt wurden.

Einphasen-Kommutatormaschinen.

Bahnmotoren. Osanna[6]) vergleicht die einphasigen Kommutatormotoren nach ihrem Werte für den Vollbahnbetrieb. Die Arbeit bringt keine neuen

Erkenntnisse, ist aber wegen ihrer klaren Behandlung der maßgebenden Gesichtspunkte sehr wertvoll. Gegenübergestellt werden die Repulsionsmotoren mit Ständer- und Ankererregung den einfach- und doppeltgespeisten Reihenschlußmotoren. Als maßgebende Gesichtspunkte werden verglichen: Leistungsfaktor, Ankerstromstärke, Bürstenzahl, Kommutatorgröße, erreichbare Höchstleistung, Raumbedarf, Gewicht, Kosten, Drehzahlfreiheit, Anlauf, Regelung, Funkenbildung und Normalisierung. Die Arbeit ist in vorteilhafter Weise am Schlusse durch Rechnungsbeispiele ergänzt, deren Ergebnisse übersichtlich in Kurvenform aufgetragen sind. Als Hauptergebnis folgt die bekannte große Überlegenheit der Reihenschlußmotoren über die Repulsionsmotoren jeder Art.

Kummer[7]) bringt in dem Buche „Die Maschinenlehre der elektrischen Zugförderung“ zusammenfassende und vergleichende Angaben über die Arbeitsweise und den Bau von Kommutatormaschinen für den Wechselstrombahnbetrieb.

Ortsfeste Einphasenmaschinen. Jaensch[8]) beschäftigt sich im Verlaufe einer Dissertation über die „vektordiagrammatische Darstellung der Arbeitsweise des allgemeinen Transformators mit Eisen“ mit dem Diagramm des Repulsionsmotors und belegt es durch Versuche. — Bloch[9]) zeigt am Beispiel des kompensierten Repulsionsmotors, daß bei den oft verwickelten Schaltungen der Kommutatormaschinen zur Erzielung richtiger Überlegungen die Beachtung des Wickelsinnes notwendig ist, und gibt Regeln darüber an.

Die Erörterungen, die sich an die Vorträge von Hamilton[10]) über den Repulsionsinduktionsmotor und von Fynn[11]) über einen einphasigen Induktionsmotor mit starkem Anzugsmoment und verbessertem Leistungsfaktor (s. JB 1915, S 40) anschließen, werden in der amerikanischen Literatur veröffentlicht.

Selbsterregung und Bremsung. Schmitz[12]) untersucht theoretisch und experimentell die Arbeitsweise des kompensierten Repulsionsmotors (Winter-Eichberg-Motor) als selbsterregter Wechselstromgenerator. Die Bedingungen, unter denen Selbsterregung eintritt, die Größen, von denen die Frequenz des erzeugten Wechselstroms abhängt, und der Einfluß der Sättigung werden geprüft.

Müller[13]) weist in einer längeren Arbeit nach, wie die Selbsterregung bei einer Anzahl von Schaltungen einphasiger Kommutatormotoren entsteht, und welche Mittel es zu ihrer Verhütung gibt.

Wolf[14]) faßt in einer Arbeit über elektrische Energierückgewinnung und Bremsung die diesbezüglichen Eigenschaften der verschiedenen Kommutatormotoren kurz zusammen.

Mehrphasen-Kommutatormaschinen.

Winkler[15]) zeigt, wie die von ihm früher entwickelte Theorie der örtlichen und verketteten Streufelder (s. JB 1913, S 40) bei der Aufstellung der Diagramme von Kollektormaschinen anzuwenden ist. Als Beispiel werden behandelt: der Drehfeld-Induktionsmotor mit Rotorkurzschluß über Kollektor und der Repulsionsmotor mit Ankererregung. Die im wesentlichen rechnerisch-theoretische Arbeit gelangt nur bei der ersten Maschine zu praktischen Ergebnissen. Von ihnen dürfte das meiste Interesse die Verkleinerung des Kippmomentes gegenüber dem gewöhnlichen Induktionsmotor beanspruchen, die unter Umständen eintreten kann. Im übrigen bildet die Arbeit einen Beitrag zum Ausbau der genaueren Berechnungsmethoden für Kollektormaschinen.

Kafka[16]) entwickelt das Kreisdiagramm für den Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Ankerspeisung und in diesem Diagramm diejenigen Geraden, mit deren Hilfe man Drehmoment, Leistung und Schlüpfung abgreifen kann. Die Arbeit ist rechnerisch-theoretisch. Es werden trapezförmige Feldkurven vorausgesetzt, wie sie von den einzelnen Wicklungen erzeugt werden, und es wird die Phasenverschiebung zwischen dem Felde und dem Magnetisierungsstrom, d. h. also die Eisenverluste berücksichtigt.

In der Durchführung der Rechnungen lehnt sich die Arbeit an die frühere von Hillebrand (s. JB 1913, S 40) an.

Die Berücksichtigung der trapezförmigen Felder wird bei der Berechnung der Wechselreaktanzen und der Wechsel-Rotationskoeffizienten bei verschiedenen Bürstenstellungen durchgeführt. Gegenüber sinusförmigen Feldern ergeben sich nur geringe Unterschiede: bei den Wechselreaktanzen ± 2%, bei den Wechsel-Rotationskoeffizienten ± 6%. Für praktische Zwecke wird daher die Anwendung sinusförmiger Felder empfohlen und die Arbeit in ihrem weiteren Verlaufe unter dieser Annahme durchgeführt.

Die Arbeit gelangt bis zur Konstruktion des Kreisdiagramms, ohne indessen an dieses eine Diskussion der Ergebnisse anzuknüpfen, die mit Rücksicht auf den teilweise komplizierten Bau der Formeln erwünscht gewesen wäre, um der Arbeit größere Übersichtlichkeit und raschere Anwendungsmöglichkeit zu geben.

Moser[17]) bezieht sich in seiner Arbeit über die sog. zusätzliche Streuung bei Mehrphasen-Kommutatormaschinen und den Heylandschen Drehstrom-Repulsionsmotor auf die Arbeiten von Dreyfus und Hillebrand und von Winkler (s. JB 1913, S 40). In diesen Arbeiten war die Frage behandelt, weshalb ein über den Kollektor kurzgeschlossener Drehstrom-Kommutatormotor ein Verhalten zeigt, das von dem des gewöhnlichen Mehrphasen-Induktionsmotors abweicht. Es entwickelt nämlich ein derartiger Motor ein kleineres Kippmoment und besitzt einen schlechteren Leistungsfaktor. Während in den genannten Arbeiten hierfür eine eigenartige Wirkungsweise der Läuferstreuung zur Erklärung herangezogen wurde, stellt Moser die Richtigkeit dieser Deutung in Frage und untersucht, inwieweit die genaue Berücksichtigung der wirklichen Feldform eine Erklärung geben kann. Es wird zu diesem Zwecke zunächst der Unterschied zwischen einem Kreisdiagramm, nach der Voraussetzung von Dreyfus und Hillebrand, und dem Kreisdiagramm des gewöhnlichen Induktionsmotors festgestellt. Sodann werden die Formeln entwickelt, die den genauen Feldformen in den Dreiphasen-Kommutatormaschinen bei Drei- und Sechsphasenwicklung im Kommutatoranker mit Durchmesserschritt entsprechen. Aus ihnen wird der Betriebskreis des kurzgeschlossenen Drehstrom-Kommutatormotors abgeleitet. Es zeigt sich, daß in der Tat ein kleineres Kippmoment und schlechterer Leistungsfaktor zu erwarten sind, indem der Kreismittelpunkt bedeutend tiefer liegt als der des gewöhnlichen Mehrphasen-Induktionsmotors. Besonders behandelt werden noch der Leerlaufs- und der Stillstandspunkt dieses Motors.

Nachdem sich gezeigt hat, daß mit Hilfe dieser Anschauung das richtige Bild vom Verhalten der Maschine wiedergegeben wird, entwickelt Moser die Spannungsformeln für den Fall, daß Ständer und Anker mit Sehnenschritt gewickelt sind, und stellt hieraus die für den Heylandschen Drehstrom-Repulsionsmotor gültigen Beziehungen auf. Es ergibt sich auch für diese Maschine ein Kreis. Durch bestimmte Rechnungsbeispiele wird die Lage dieses Kreises erläutert und es wird nachgewiesen, daß ein derartiger Motor sowohl bis zu etwa 20% übersynchron laufen, als auch den Leistungsfaktor 1, ja sogar etwas Voreilung besitzen kann. Die Erklärung für diese Erscheinung ist darin zu suchen, daß bei genauer Berücksichtigung der den Wicklungen entsprechenden Feldformen die Ströme und Spannungen nicht nur von der Zeit allein abhängig sind, wie dies bei Zugrundelegung sinusförmiger Verhältnisse der Fall sein würde, sondern daß sie außerdem noch von der Geschwindigkeit des Ankers abhängen.

Bloch[18]) behandelt ebenfalls den Heylandschen Repulsionsmotor und zwar in leichterer und anschaulicherer Form. Er zeigt, wie durch die Anwendung von Wicklungen mit Sehnenschritt örtliche Felder entstehen, die bei gewissen Bürstenstellungen in Teilen der Ankerwicklung kleine elektromotorische Kräfte hervorbringen, die die Phase des Ankerstromes im Sinne einer Verbesserung des Leistungsfaktors verschieben. Auf Grund dieser Anschau-

ungen entwickelt er die Gleichungen für das Drehmoment, die Bedingung für die Phasenverschiebung Null, die Diagramme für Läufer- und Ständerkreis und das Kreisdiagramm des ganzen Motors.

Altes[19]) behandelt die Entstehung des Drehmomentes der Drehstrom-Reihenschlußmotoren bei Bürstenverschiebung unter Berücksichtigung der Sättigung, ferner den Einfluß des Übersetzungsverhältnisses im Motor und den des gesättigten Zwischentransformators. Er weist nach, daß dessen Sättigung auf den Anlaufstrom und das Anlauffeuer des Motors, auch auf das Anlaufmoment Einflüsse ausüben. Während diese Darlegungen nicht neu sind, beanspruchen die Erörterungen über die Stromwendung mehr Interesse. So wird ein Motor beschrieben, der primär dreiphasig, sekundär (im Anker) neunphasig gespeist wird. Die Schaltung ist angegeben. Es ergibt sich, daß die Vielphasenspeisung bei niedrigen Frequenzen im Anker höhere Spannungen, also kleinere Kollektoren ergibt als bei hohen, eine Tatsache, die gleichfalls nicht neu ist. Ein 25periodiger Motor ist daher im Vorteil gegen einen 60-periodigen.

Fischer-Hinnen[20]) leitet Formeln zur ersten Bestimmung der Abmessungen dreiphasiger Phasenkompensatoren mit Kollektoranker und wicklungslosem, feststehendem Ständer ab. Hierbei wird die Streuung in dem zu kompensierenden Hauptmotor vernachlässigt. Die Kommutierung wird kurz gestreift mit dem Ergebnis, daß sie keine nennenswerten Schwierigkeiten bieten wird. Die Anwendung der Formeln wird durch ein Zahlenbeispiel, in dem ein Drehstrommotor von 200 PS und $\cos \varphi = 0{,}9$ kompensiert werden soll, erläutert. Fachleute dürfte die Abb. 11 der Arbeit interessieren, in der eine Schnittzeichnung eines Phasenkompensators von Brown, Boveri & Cie. mit fast sämtlichen Abmessungen wiedergegeben ist.

Seiz[21]) untersucht die Eigenschaften von Frequenzumformern, die Kommutatoren besitzen. Die Stromverteilung im Rotor bei Dreiphasen- und Sechsphasenspeisung wird besprochen, die Oberfelder und die Stromwendung werden behandelt.

[1]) Büthe, Fördertechnik 1916, S. 42. — [2]) Wintermeyer, Schweiz. El. Ztschr. 1916, S 227. — [3]) El. Kraftbetr. 1916, S 294. — Z. Ver. D. Ing. 1915, S 253, 321. — [4]) BBC, Mitt. 1916, S 141. — [5]) Schweiz. El. Zschr. 1916, S 92. — [6]) G. Ossanna, El. Masch.-Bau 1916, S 365, 377, 395. — [7]) W. Kummer, Die Maschinenlehre der elektrischen Zugförderung, Berlin 1915, J. Springer. — [8]) Jaensch, Dissertation, Dresden 1915. — [9]) Bloch, Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 115. — [10]) Hamilton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 484. — [11]) Fyen, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 492. — [12]) Schmitz, Dissertation, Dresden 1916. — [13]) P. Müller, Arch. El. Bd 4, S 373. — [14]) W. Wolf, El. Kraftbetr. 1916, S 77. — [15]) A. Winkler, El. Masch.-Bau 1916, S 1. — [16]) H. Kafka, El. Masch.-Bau 1916, S 42, 55, 67, 176. — [17]) R. Moser, El. Masch.-Bau 1916, S 149, 164, 245, 258, 269. — [18]) O. Bloch, Arch. El. Bd 4, S 394; Bd 5, S 143. — [19]) W. C. K. Altes, Gen. El. Rev. 1916, S 115, 199. — [20]) J. Fischer-Hinnen, El. Masch.-Bau 1916, S 341, 358. — Bull. Schweiz. EV 1916, S 169. — [21]) W. Seiz, Dissertation, Karlsruhe 1914.

Drehumformer und Gleichrichter, Elektromagnete, Transformatoren.

Von Oberingenieur Dipl.-Ing. F. Paufler.

Drehumformer.

Für die Speisung des Bahnnetzes der Chicago, Milwaukee and St. Paul Ry. mit Gleichstrom von 3000 V dienen Motorgeneratoren, über deren beachtenswerte Schaltung Helms und Fulk[1]) berichten. Sowohl der synchrone Antriebsmotor als die beiden hintereinandergeschalteten Gleichstromdynamos

werden von einer Erregermaschine erregt, so daß der Maschinensatz aus fünf Maschinen mit 4 Lagern besteht. Auf den Polen der Motorerregermaschine sind 2 Hauptstrom- und 2 Nebenschlußwicklungen aufgebracht; von letzteren ist die erste an den Klemmen der Generatorerregermaschine, die zweite an den Klemmen der Motorerregermaschine angeschlossen, wirkt also selbsterregend. Sie sind gegeneinander geschaltet. Die erste Hauptstromwicklung ist vom Netzstrom durchflossen und wirkt bei Stromlieferung im gleichen Sinne wie die erste Nebenschlußwicklung; sie wird durch Vermittlung eines Rückstromrelais kurzgeschlossen, wenn bei Nutzbremsung im Bahnnetz Gleichstrom erzeugt und Drehstrom in das Hochspannungsnetz zurückgegeben wird. Die zweite Hauptstromwicklung ist mit der ersten in Reihe geschaltet, sie wirkt bei Stromlieferung der ersten Nebenschlußwicklung entgegen und bei Stromaufnahme im gleichen Sinne wie diese. Mit dieser Schaltung soll bei jedem Belastungszustand die günstigste Erregung des Synchronmotors erreicht werden. Die Umformer sind in zwei verschiedenen Größen ausgeführt, die eine für eine Leistung von 1500 kW bei 600 Umdr./min, die andere für 2000 kW bei 514 Umdr/min, beide für 60 Per/s. Bei diesen Dauerleistungen haben die Maschinen nur eine Temperaturzunahme von 35°, bei 150% der Dauerleistung nach 2 h 60°; 300% der Dauerleistung halten sie bei 0,85 Gleichstromnormalspannung 5 min lang aus. Die Ankerwicklungen sind beide für 3000 V mit Mikanit isoliert. Um bei Kurzschlüssen das Überschlagen der Spannung vom Bürstenhalter nach dem Bürstenträgerring oder nach den Kollektorfahnen zu verhindern, ist zwischen dem Bürstenträgerring und den Bürstenträgern ein Asbestschirm eingesetzt, der in radialer Richtung bis dicht an den Kollektor heranreicht. Die zuerst gelieferten Maschinen haben Eigenbelüftung, die späteren Fremdbelüftung. Die Luft wird durch Löcher im Ankereisen in axialer Richtung und über den Ankerumfang hin geführt und zwar in der Richtung Kollektor—Kupplung bei den eigenbelüfteten, in umgekehrter Richtung bei den fremdbelüfteten Maschinen. Über den Leistungsverbrauch der Lüftung geben die folgenden Messungen der Wirkungsgrade der 2000-kW-Sätze Aufschluß:

	Bei $^1/_1$ Last	Bei $^{1,5}/_1$ Last
Maschine mit Eigenbelüftung	91,5 %	92,1 %
„ mit Fremdbelüftung, laufender Ventilator	91,9 %	92,5 %
„ mit Fremdbelüftung, stillstehender Ventilator	92,5 %	92,9 %

Die Schwierigkeiten der Stromabnahme von 8000 A bei 275 V haben bei einem Motorgenerator für 2000 kW[2]) zu einer Kollektorkonstruktion geführt, die derjenigen bei Turbodynamos ähnlich ist. Der Kollektor wird durch drei Schrumpfringe zusammengehalten, die Enden der Lamellen ruhen in Stahlringen, die auf der Welle verschiebbar sind, so daß sie der Wärmeausdehnung folgen können. Jeder Ankerleiter besteht aus 8 Stäben von quadratischem Querschnitt, die parallel geschaltet, aber zur Verringerung der Wirbelströme voneinander isoliert sind. Die Ankerspulen sind mit Mikanit heiß umpreßt und asphaltiert.

Burnham[3]) gibt die Grenzen der Spannung, die mit einem Kommutator bei Motorgeneratoren und Einankerumformern nach jetzigen Begriffen erreichbar sind, an zu 2000, 900, 750 V bei bzw. 25, 50, 60 Per/s, Zahlen, die sicher zu niedrig gegriffen sind, wie schon aus den obigen Angaben hervorgeht. Er spricht die in der folgenden Zusammenstellung wiedergegebenen Drehzahlen als allgemein brauchbar an:

Leistung	Spannung	Motorgenerator	Einankerumformer	
		60 Per/s	60 Per/s	25 Per/s
500 kW	270 V 600 »	1200 Umdr. 1200 »	1200 Umdr. 1200 »	750 Umdr. 750 »
1000 kW	270 V 600 »	720 Umdr. 900 »	720 Umdr. 900 »	500 Umdr. 750 »
1500 kW	270 V 600 »	514 Umdr. 514 »	514 Umdr. 600 »	375 Umdr. 500 »

Für die Leistung von 1000 kW findet man dieselben Angaben in einer Veröffentlichung der General Electric Co.[4]) und dazu die entsprechenden Zahlen für 4000 kW leistende Einankerumformer, die für 625 V bei 25 Per/s mit 214 Umdr. betrieben werden. Sie werden mit Hauptstrom- und Nebenschlußerregung ausgeführt. Ein Regelwiderstand, der unter dem Einfluß eines Relais steht, stellt die Nebenschlußerregung selbsttätig so ein, daß bei jeder Belastung die günstigste Feldstärke vorhanden ist. Das Relais ist abhängig vom Erregerstrom und von dem vom Umformer gelieferten Strom. Die Wirkungen beider heben bei normalen Belastungsverhältnissen einander auf, bei einer Änderung der Belastung überwiegt jeweilig eine der beiden Wicklungen, so daß das Relais den Regelwiderstand verstellt und die Stärke des Nebenschlußfeldes verändert.

Die Einankerumformer der British Westinghouse Co.[5]) werden durchweg mit Zusatzmaschine zum Zwecke der Gleichstromregelung ausgeführt; die Spannung kann um $\pm$ 15% geändert werden. Soll der Umformer Gleichstrom in Drehstrom umformen, tritt noch eine unmittelbar gekuppelte Erregermaschine hinzu, die so berechnet wird, daß ihre Spannung sehr viel schneller als proportional der Drehzahl steigt. Bemerkenswert ist die einfache Konstruktion des Zentrifugalschalters, der zur Verhinderung des Durchgehens den Umformer vermittelst eines Schalters von seiner Stromquelle trennt, wenn die 1,1fache Drehzahl der synchronen erreicht ist. Er besteht aus einem Bolzen, der in der Ankerwelle senkrecht zu ihrer Achse sitzt und durch eine Feder in seiner Lage gehalten wird. Das aus der Welle hervorstehende Bolzenende ist zu einem Gewicht verdickt, welches im Notfalle durch die Fliehkraftwirkung entgegen der Feder nach außen gezogen wird und einen Kontakt öffnet. Zur Erzeugung kleiner axialer Verschiebungen der Ankerwelle ist ein besonderer „Oszillator“ einfacher Bauart angeordnet. Die Isoliereinlagen zwischen den Kollektorlamellen werden auf $^3/_4$ mm Tiefe ausgekratzt. Die Ankerverluste sind bei $\cos\varphi = 0{,}985$ an Dreiphasenumformern um 33%, an Sechsphasenumformern um 40% größer als bei $\cos\varphi = 1$.

Das Gleichgewicht, das bei Einankerumformern unter gewöhnlichen Betriebsverhältnissen zwischen der Ankerrückwirkung der Wechselstromseite und der der Gleichstromseite besteht, wird bei gleichstromseitigem Kurzschluß gestört, da der Gleichstrom auf den zehnfachen, der Wechselstrom wegen der vorgeschalteten Reaktanzen nur auf den dreifachen Betrag steigt. Das Kommutierungsfeld ändert sich nach Größe und Richtung, wodurch Rundfeuer am Kollektor hervorgerufen wird. Um dies zu verhindern, bemessen BBC[6]) die AW auf den Wendepolen gleich oder gar größer als die Gleichstrom-AW des Ankers und vergrößern, etwa durch Vergrößerung des Luftspaltes vor den Wendepolen, den magnetischen Widerstand, um bei gewöhnlichem Betriebe das Wendefeld nicht zu stark werden zu lassen. Dadurch wird erreicht, daß das Wendefeld sich in seiner Stärke wenig ändert und sich nicht umkehrt. Um den nötigen Wickelraum zu gewinnen, wird die Wendepolspule nahe an den Anker herangeführt, der Luftspalt liegt in der Spule. Diese Bemessung der Wendepole bietet noch den Vorteil der kleineren Bürstenspannung beim An-

lassen und die Möglichkeit des Parallelschaltens mit dem Netz auch bei nicht genauer Phasengleichheit, ohne daß Kollektorfeuer auftritt.

Die Aufgabe, eins von zwei Drehstromnetzen, das eine mit 50 Per/s, das andere mit 30 Per/s, und eins von zwei Gleichstromnetzen, einem Dreileiterlichtnetz und einem Bahnnetz, wahlweise miteinander zu kuppeln, löst Austin[7]) dadurch, daß er einen Einankerumformer aufstellt, der sowohl drehstromseitig als auch gleichstromseitig auf jedes Netz geschaltet werden, und der entweder Drehstrom in Gleichstrom oder Gleichstrom in Drehstrom umformen kann. Der Erregerstrom wird einer auf der Umformerwelle sitzenden Erregermaschine entnommen.

Von der Gen. El. Co.[4]) ist zur Speisung eines Einphasennetzes von einem Drehstromnetz ein Phasenumformer ausgeführt für 5000 kVA Stundenleistung, 13200/14000 V, 25 Per/s, 500 Umdr./min, bestehend aus einem Synchronmotor mit einer Käfigwicklung auf dem Rotor, welche die Einphasenbelastung auf das Drehstromnetz überträgt. Als Phasenausgleicher ist mit dem Motor ein Generator für 550 kVA Stundenleistung gekuppelt, dessen Stator mit dem des Synchronmotors in Reihe geschaltet ist, aber entgegengesetzte Richtung des Drehfeldes hat. Auf seinem Rotor sind zwei um 90° gegeneinander versetzte, von getrennten Erregermaschinen gespeiste Erregerwicklungen aufgebracht. Durch Änderung der Rotorerregung ist es möglich, der resultierenden Erregung eine bestimmte Richtung zu geben, so daß sie gegen das Drehfeld eine bestimmte, einstellbare Lage einnimmt.

In einer zusammenfassenden Arbeit, die für denjenigen, der zum erstenmal sich mit der Frage der Umformung beschäftigen will, wertvoll ist (weil übersichtlich und erschöpfend), für den Eingearbeiteten aber Neues nicht bringt, stellt Wróbel[8]), auffallenderweise unter völliger Umgehung des Kaskadenumformers, die Eigenschaften, die Arbeitsweise und die Eignung von Motorgeneratoren und Einankerumformern für die vorliegenden Betriebsanforderungen zusammen; er verfällt nicht in den Fehler, die eine der beiden Umformerarten als die überall passende hinzustellen. Beim Einankerumformer werden die verschiedenen Verfahren zur Spannungsregelung (vorgeschaltete Drosselspule, Stufentransformator, Drehtransformator, vor den Anker geschaltete Zusatzmaschine) und die Anlaßmethoden eingehend besprochen und kritisiert.

Der Eingearbeitete wird mehr Gewinn aus dem Studium des im Jahre 1915 erschienenen Buches von Riemenschneider und Welter: „Elektrische Umformer und Gleichrichter" ziehen, in welchem die Theorie, die Berechnung, die Betriebseigenschaften und die Anlaßverfahren aller Umformerarten ausführlich behandelt sind. Besonders zu beachten, weil zum erstenmal zusammengestellt, sind die Kapitel über Synchrongleichrichter, die etwa als von einem Synchronmotor angetriebene Einankerumformer ohne Eisen und ohne Wicklung gekennzeichnet werden können, für Leistungen bis etwa 6 kW und für Gleichstromspannungen bis 100000 V und über Pendel-(Relais-)Gleichrichter für kleine Leistungen, die sich besonders durch niedrigen Anschaffungspreis auszeichnen, sowie das Kapitel „Kritischer Vergleich der verschiedenen Umformerarten". Zu weiterem Studium regt das am Schluß gegebene Literaturverzeichnis an.

Ruhende Gleichrichter.

Von der Ausbildung einer großen Zahl von Elektroden bei Großgleichrichtern ist man wieder abgekommen, weil die Abdichtung der Durchführungen nach wie vor Schwierigkeiten macht; man bildet nur eine Kathode und höchstens sechs Anoden aus[9]). Als Kühlwassermenge hat man für je 100 A 3 l/min als genügend anzusehen. Mit einem Vakuum von 0,005 mm Hg ist der Betrieb gerade noch aufrechtzuerhalten, erwünscht ist ein niedrigerer Wert, anzustreben 0,0001 mm Hg. Einen Vergleich des Wirkungsgrades bei Apparaten von 200 kW Leistung bietet die folgende Zusammenstellung:

Belastung	1/4 Last	1/2 Last	3/4 Last	1/1 Last
Großgleichrichter . . .	85,6 %	89,1 %	90,5 %	90,5 %
Einankerumformer . .	83,1 %	88,1 %	90,0 %	90,5 %
Motorgenerator	71,2 %	80,5 %	84,4 %	85,6 %

Wenn der Großgleichrichter den anderen Umformern bezüglich des Wirkungsgrades gleich steht oder sogar überlegen ist, so steht er ihnen mit seinem Leistungsfaktor von etwa 0,9 (einschl. der Nebenapparate) entschieden nach. Gemäß den Angaben von BBC[10]) ist der Wirkungsgrad ihrer Großgleichrichter, die sie in den zwei Größen für 200 A und für 500 A bei 110 bis 700 V (d. s. 22 bis 350 kW für den Zylinder) ausführen, 95 %, bei Spannungen von einigen tausend Volt noch höher. Der kleinere Typ hat keine Anodenkühlung; bei dem größeren Typ werden die sechs Hauptanoden durch Wasser gekühlt. Zur Verhinderung von Entladungen zwischen den Anoden und dem spannungführenden Gehäuse aus geschweißtem Stahlblech sind die Stromeinführungen und der Lichtbogen durch Führungskanäle aus Isolierstoff geschützt. Die aus den Leitröhren austretenden Lichtbögen münden in einen nichtleitenden Trichter, dessen untere Öffnung bis auf einige Millimeter Abstand an die Kathodenoberfläche herangeführt ist.

Die schon im JB 1915 S 99 erwähnte Gleichrichteranlage in dem Umformerwerk der Limmattal-Straßenbahn mit zwei Gleichrichtern von je 150 kW Dauer- und 240 kW Spitzenleistung bei 600 V ist seit November 1915, eine ähnliche im Elektrizitätswerk Deuben bei Dresden, ebenfalls für Straßenbahnbetrieb und auch von BBC[11]) erstellt, mit drei Gleichrichtern von je 200 kW Dauerleistung bei 520 V, seit Februar 1916 im Betrieb; beide arbeiten zufriedenstellend. Die erstere liegt an einem Drehstromnetz, die letztere an einem Zweiphasennetz (Zylinder mit vier Hauptanoden). Die oszillographische Aufnahme der Spannung in der ersterwähnten Anlage zeigt Schwankungen zwischen 600 und 750 V. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage beträgt 93,2 % zwischen Halblast und Vollast. Über mehrere Monate ausgedehnte Vergleichsmessungen haben ergeben, daß die Gleichrichteranlage um 20 bis 26 % wirtschaftlicher arbeitet als die früher benutzten Motorgeneratoren von je 80 kW; das Parallelarbeiten mit diesen und mit den Maschinen der Zürcher Straßenbahn macht keine Schwierigkeiten. Während der Spannungsabfall in den Motorgeneratoren einschließlich der Transformatoren zwischen Leerlauf und Vollast etwa 14 % beträgt, ist er bei den Gleichrichtern zwischen 5 und 17 %. Die befürchteten Telephonstörungen und zusätzliche Erwärmung der Bahnmotoren wurden nicht beobachtet. In dem Deubener Werk wurden nach Abgabe von rd. 430000 kWh keine Veränderungen an den Elektroden oder anderen Teilen der Gleichrichter festgestellt. In beiden Anlagen konnte nach einigen Monaten der Dauerbetrieb der Vakuumpumpen eingestellt werden; sie laufen nur zeitweilig.

Tschudy[12]) leitet die mathematischen Beziehungen zwischen den Verlusten im Vakuumgefäß und der Form der aufgedrückten Welle, dem Anodenstrom und der Frequenz ab und gibt eine Schaltung an zur Messung des Verlustes an der Anode. Der Verlust im Vakuumgefäß ist insofern abhängig von der Wellenform, als er von der ersten, zweiten und dritten Harmonischen beeinflußt wird; Versuchsergebnisse werden mitgeteilt. Von der Frequenz ist der Verlust V für 1 Anode nach dem Gesetz abhängig: $V = A \times J^2_2 + B \times J_2$, wo J_2 der Effektivwert des Anodenstromes ist und A und B folgender Zusammenstellung zu entnehmen sind:

Frequenz	26	33	40	50	60	70	80	90	100
A . . .	0,523	0,587	0,741	0,650	0,465	0,410	0,348	0,225	0,208
B . . .	6,25	6,60	5,78	5,68	7,06	7,41	8,75	9,57	9,90

Das Ergebnis der Untersuchung, das im Gegensatz zu dem von Schulze im Arch. El. Bd. 1 (JB 1913, S 42) veröffentlichten steht, läßt sich wie folgt zusammenfassen: Mit steigender Frequenz steigen die Verluste im Vakuumgefäß; sie steigen schnell mit zunehmendem Anodenstrom.

Der im JB 1915 erwähnten Beschreibung des Kenotrons läßt jetzt Hull[13]) die Angaben über die Berechnung der Nebenapparate folgen; die Leistung konnte auf 5 kW bei 100000 V gesteigert werden. Gebraucht wird ein Transformator, zwei Drosselspulen von je über 200 H und zwei Kondensatoren von je 0,001 μF. — Über einen neuen Gleichrichter der AEG berichtet Norden[14]). Die Anode ist ein Metallzylinder von verhältnismäßig großen Abmessungen (40 mm Durchmesser, 45 mm Höhe), die Kathode ein Glühfaden, der in der Längsachse der Anode symmetrisch angeordnet ist. Damit ist erreicht, daß Anode und Kathode so dicht wie möglich beieinander liegen, und daß die Kathodenstrahlen überall freien Austritt zur Anode haben. Die elektrostatischen Kräfte, die bei der hohen Spannung und der geringen Elektrodenentfernung sehr wirksam sind, können wegen seiner symmetrischen Anordnung den Glühfaden nicht deformieren. Es liegt eine Ausführung vor, die 3 kW (100000 V und 30 mA) leistet. Der Spannungsabfall im Rohr beträgt nur etwa 200 V; der Wirkungsgrad wird zu 99,8% angegeben. Als Anwendungsgebiet kommt natürlich zunächst die Röntgentechnik in Frage; es ist aber auch denkbar, daß der hohe Wirkungsgrad zur Verwirklichung von Stromverteilungssystemen mit hochgespanntem Gleichstrom für Licht- und Kraftzwecke anregt. — Neuerdings wird auch der Niederspannungsgleichrichter als Glühkathodenröhre ausgebildet. So berichtet Wehnelt[15]) über einen von ihm konstruierten Gleichrichter, bei dem die Kathode aus einem eng um einen Stift aus Kalziumoxyd spiralig aufgewundenen Iridiumband besteht, welches durch den gleichzurichtenden Wechselstrom vermittelst eines geeigneten Transformators geheizt wird. Dadurch kommt der Kalziumoxydstift zum Glühen und verdampft. Die Dämpfe schlagen sich zum Teil auf dem Iridiumblech nieder, das dadurch zur Oxydkathode wird. Die Kathode hat eine Lebensdauer von 1000 h und muß dann ausgewechselt werden, was so einfach wie bei einer Glühlampe geschieht. Eine Anlage von 50 kW (in Glasgefäß) ist im Betrieb. Der Wehnelt-Gleichrichter hat vor dem Quecksilbergleichrichter den Vorteil voraus, daß er auch bei größeren Leistungen in Glasgefäßen ausgeführt werden kann, ohne daß es der beim Quecksilbergleichrichter dann unbedingt erforderlichen großen Kondensationsgefäße bedarf. — Einen anderen Glühkathodengleichrichter für Niederspannung beschreibt Meikle[16]). Ähnlich wie der Glühfaden in den Niederwattglühlampen ist ein dünner Wolframdraht, die Kathode, zu einer enggewundenen Spirale aufgewickelt; seine beiden Enden sind in die Wandung des Glasgefäßes eingeschmolzen und stehen mit den beiden Kontaktteilen eines gewöhnlichen Glühlampensockels in Verbindung. Ein Wolframblech von verhältnismäßig großer Oberfläche bildet die Anode, deren Zuleitung ebenfalls in die Wandung des Glasgefäßes eingeschmolzen ist. Das Gefäß ist mit Argon gefüllt, welches unter einem Druck von 3 bis 8 cm, kalt gemessen, steht. Dieser Gleichrichter richtet nur die halbe Welle eines Einphasenstromes gleich. Sollen beide Wellenhälften gleichgerichtet werden, muß die Glasröhre zwei Anoden und eine gemeinsame Kathode enthalten, hat also vier Einführungen.

Von Gleichrichtern kleiner Leistung wird ein solcher erwähnt[17]), der eine mit Natrium oder Kalium amalgamierte Kathode und eine Eisenanode enthält und mit einem Gemisch aus Neon und Helium gefüllt ist. Der Spannungsabfall im Rohr ist 190 V. Bei Hintereinanderschaltung der Röhre mit einem passenden Widerstand kann die Restspannung zum Betriebe einer Klingel- oder anderen Signalanlage verwendet werden; ein Teil des Widerstandes kann durch eine Akkumulatorenbatterie ersetzt sein, an deren Klemmen das Signalnetz angeschlossen wird. Die Batterie wird durch den Strom der Signalapparate bei Bedarf entladen, durch den ständig fließenden, schwachen, gleichgerichteten Strom stets geladen gehalten. — Einen anderen Gleichrichter (Quecksilber-

dampf) zum Laden kleiner Batterien erwähnt Green[18]); er ist tragbar und besonders zur Benutzung durch den Laien ausgebildet. Die Glasröhre mit einer Leistung von höchstens 75 W (5 A bei 7,5 V oder 15 V) hat einen Glühlampensockel und kann in jede an ein Wechselstromnetz von 110 V und 25 bis 133 Per/s angeschlossene Glühlampenfassung eingeschraubt werden. Der Wirkungsgrad beträgt 45% bei 75 W und 28% bei 38 W, der Leistungsfaktor 0,6 bzw. 0,48. — Auch ein Magnetgleichrichter kleiner Abmessungen (Gewicht 6 kg) zum Laden kleiner Batterien von 8 V oder darunter, der an jedes Netz von 110 bis 125 V und 60 Per/s angeschlossen werden kann und ihm 6 bis 8 A entnimmt, wird beschrieben[19]). Die Gleichrichterwirkung wird durch einen Unterbrecher, dessen Kontakte aus Kupfer und Kohle bestehen, hervorgebracht.

Zur Umformung von gleichgerichtetem Wellenstrom in konstanten Gleichstrom benutzen BBC[20]) einen Metalldampfgleichrichter, der über einen Transformator an ein Einphasennetz angeschlossen ist. Durch Verbindung der Kathode mit einer Kollektorbürste eines besonderen Umformers wird der gleichgerichtete Strom diesem zugeführt. Die Mitte der Sekundärwicklung des Transformators ist mit einer auf einem Schleifring des Umformerankers aufliegenden Bürste, der Schleifring mit einem festen Punkt der Ankerwicklung verbunden. Der Verbraucher ist zwischen die Kathode bzw. die erste Kollektorbürste und eine zweite auf dem Kollektor des Umformers schleifende Bürste geschaltet. Zwischen der feststehenden Kollektorbürste und einem festen Punkt der Läuferwicklung tritt eine Wellenspannung auf, deren Augenblickswerte sich zwischen Null und einem Höchstwert ändern; einer vollen Ankerumdrehung entspricht der zeitliche Abstand zweier Nullwerte. Die Amplitude der Spannung ist gleich derjenigen Gleichstromspannung, welche im zweipoligen Schema an zwei in der neutralen Zone stehenden Bürsten gemessen wird. Wird eine Maschine der beschriebenen Art an eine Wellenspannung von der ihrer Drehzahl entsprechenden Wellenzahl angeschlossen, so läuft sie doppelt so schnell wie eine Synchronmaschine gleicher Polzahl, welche mit der Frequenz des Primärnetzes gespeist wird. Zwischen den beiden in beliebigem Abstand auf dem Kollektor schleifenden Bürsten besteht eine konstante Gleichstromspannung, die durch Verschiebung einer Bürste geregelt und dem Verbraucher zugeführt werden kann. Der Umformer wird von der Gleichstromseite aus angelassen und muß in bekannter Weise synchronisiert werden.

Die Schwierigkeiten, welche die Umformung von Gleichstrom in Wechsel- oder Drehstrom mit Einankerumformern oder elektrischen Ventilen darbietet, können[21]) dadurch umgangen werden, daß zum Steuern der elektrischen Strömungen die unipolare dynamische Wirkung von Magnetfeldern auf Stromleiter nutzbar gemacht wird. Im Gleichrichter werden die Anoden im Kreise um die Achse eines Elektromagnets angeordnet, die Kathode steht dem Magnete gegenüber. Der von einer Anode zur Kathode übertretende Lichtbogen wird unter dem Einfluß des Magnetfeldes senkrecht zur Stromrichtung und senkrecht zur Richtung der magnetischen Kraftlinien abgelenkt und bewegt sich im Kreise um den Magnet herum. Jede Anode ist mit einem Ende einer dreiphasigen Transformatorwicklung verbunden, deren andere Enden zu einem Sternpunkt vereinigt sind. Jede der Transformatorwicklungen wird nur während eines Drittels der Umlaufzeit des Lichtbogens vom Strom durchflossen, so daß aus dem Gleichstrom, welcher der Kathode und dem Sternpunkt zugeführt wird, Drehstrom entsteht, welcher an den nicht zum Sternpunkt vere einigten Klemmen des Transformators abgenommen wird. Durch passendd Wahl der Feldstärke und durch Regeln des Erregerstromes des Magnets wirr eine Regelung der Umlaufgeschwindigkeit des Lichtbogens erreicht, d. h. de Frequenz des Drehstromes, der u. a. zur Speisung von normalen Drehstrommotoren, die mit veränderlicher Drehzahl laufen sollen, wegen der einfachen Regelbarkeit der Frequenz mit Vorteil benutzt werden kann.

In der Patentliteratur[22]) stehen die Vorschläge von Mitteln zur Vermeidung von Kurzschlüssen und Rückzündungen und zur Dichtung der Gefäße im Vordergrund.

Elektromagnete.

Wenn die Leiter zweier gegeneinander angeordneter Solenoide nicht als lineare angesehen werden dürfen und in Medien mit veränderlicher Permeabilität eingebettet sind, sind die Koeffizienten der gegenseitigen und der Selbstinduktion von der Periode der Wechselströme abhängig und von der Stromstärke infolge der veränderlichen Permeabilität beeinflußt; die Berechnung der Wechselwirkung ist nur in grober Annäherung möglich. Unter Vernachlässigung der Streuung und der Feldstärke im Außenraum führt Lorenz[23]) die Berechnung durch und stellt einen allgemein gültigen Ausdruck für das Drehmoment der beweglichen Spule auf.

Wahrscheinlich infolge der Zulassung höherer Beanspruchungen hat die Cutler-Hammer Clutch Co.[24]) eine Steigerung der Tragkraft ihrer Lasthebemagnete um 20 bis 60% erreicht; z. B. trägt ein Magnet von 157 cm Durchmesser jetzt 1,8 t gegen früher 1,2 bis 1,35 t.

Einen elektromagnetischen Zeichentisch für Verwendung durch Kriegsbeschädigte hat die AEG[25]) konstruiert. Zwischen der Zeichenplatte und den Zeichengeräten werden von einer Anzahl gleichmäßig verteilter Elektromagnete magnetische Kräfte zur Wirkung gebracht, welche die aus magnetisierbarem Material bestehenden oder mit solchem belegten Zeichengeräte in ihrer Lage festhalten. Der Zeichentisch kann an ein Lichtnetz oder an eine Akkumulatorenbatterie angeschlossen werden; die Leistungsaufnahme aller Magnete beträgt bei dauerndem Betriebe 0,3 kW. Bei Anfertigung kleiner Zeichnungen wird nur ein Teil der Magnete benutzt. Verschieben und Einstellen der Zeichengeräte erfolgt im stromlosen Zustand, das Einschalten geschieht durch einen Quecksilberfußkontakt.

Transformatoren.

Theorie. Für den Fall, daß die einem Transformator aufgedrückte EMK eine einfache harmonische Funktion der Zeit ist, gibt Dean[27]) ein Verfahren an zur Bestimmung der höheren Harmonischen, das allerdings nur anzuwenden ist auf Transformatoren mit niedriger Eisensättigung (bis 10000 cgs/cm^2) und das voraussetzt, daß die Hystereseschleife bekannt ist und mit genügender Genauigkeit durch ein Parallelogramm ersetzt werden kann. Ist die Hystereseschleife nicht bekannt, muß zunächst der Maximalwert des Magnetisierungsstromes und des remanenten Magnetismus aus dem Eisenverlust bestimmt werden, wofür die Arbeit nähere Angaben enthält. — Den Einfluß der dritten Harmonischen auf die Eisenverluste in Transformatoren haben Lacey und Stubbings[28]) in folgender Weise festgestellt: Ein in Stern geschalteter Drehstromgenerator mit reinen Sinuswellen wurde durch vier Leitungen mit einer ebenfalls in Stern geschalteten Drosselspule verbunden. Spannung und Strom wurden in allen vier Leitungen gemessen und die Wellenform aufgenommen. War ein in der Verbindungsleitung der Sternpunkte liegender Schalter offen, so war die Stromkurve sinusförmig, und die Spannungskurve hatte eine dritte Harmonische. War der Schalter geschlossen, so war die Spannungskurve sinusförmig und die Stromkurve hatte eine dritte Harmonische; in der Sternpunktsverbindungsleitung trat eine Stromwelle reiner Sinusform mit der dreifachen Frequenz der Grundwelle und der dreifachen Amplitude der dritten Harmonischen in der Stromkurve der Phasenleitung auf. Aus der Aufzeichnung der Hystereseschleifen ergab sich, daß bei offenem Schalter die Hysterese nur 77,5% derjenigen bei geschlossenem Schalter ausmachte. Bei gleichen Spannungen wurde also der Eisenverlust durch Trennen der Sternpunktsverbindung um 22,5% und die zugeführte Leistung um 24,3% herabgesetzt. — Der Petersschen Ansicht (JB 1915, S 46), daß bei Stern-Stern-Schaltung dreiphasiger Kerntransformatoren die dritte Oberschwingung nicht auftreten könne, tritt Cone[28]) mit der Einschränkung bei, daß durchaus gleiche Transformatoren verwendet werden und daß die induzierten Grundspannungen genau entgegengesetzte

Phase haben. Da beide Bedingungen praktisch nie zutreffen, sind in Fernleitungstransformatoren stets Oberschwingungen 3. Ordnung und dementsprechende Ströme vorhanden. Diese sind um so größer, je länger die Fernleitung, d. h. je größer die Admittanz der drei Leitungen gegen Erde ist. — Auf Grund seiner Versuche bestätigt Stephenson[29]) die Anschauung, die Robinson (JB 1915, S 46) vertritt, daß geradzahlige Oberschwingungen Störungen hervorrufen können, besonders dann, wenn Umformer, die auf Dreileiternetze mit ungleichmäßiger Belastung der beiden Netzhälften arbeiten, angeschlossen sind. — Das Auftreten der dritten Harmonischen bei Manteltransformatoren in Stern-Stern-Schaltung ohne Erdung des Nullpunktes behandeln auch Lof und Blume[30]) in einer Arbeit, die hauptsächlich eine Zusammenstellung der möglichen Schaltungen von Transformatoren und der Strom- und Spannungsverteilung sowie die Berechnung der Impedanz bei Parallelschaltung bringt. Wertvoll ist eine übersichtliche Zusammenstellung von 45 großen Kraftübertragungen mittels hoher Spannungen mit Angabe der Frequenz, Leitungslänge und Transformatorschaltung und ein Verzeichnis der neueren amerikanischen Literatur über Transformatoren.

Eine Dissertation von Jaensch[31]) ist zum Studium der Vektordiagramme für die Arbeitsweise des Transformators ohne und mit Eisen geeignet, wenn sie auch nichts Neues bringt. — Die äußerste Vereinfachung der Entwicklungen und Gleichungen für die Aufstellung des Diagrammes strebt Thomälen[32]) an, indem er die symbolische Form und die Inversion zu Hilfe nimmt. Durch einmalige Inversion werden die Mittelpunktskoordinaten und der Halbkreis des Stromdiagrammes ermittelt. Auch für die Aufstellung des Diagrammes im Prüffeld wird ein Verfahren angegeben, zu dem als Unterlagen der Leerlaufstrom, der Kurzschlußstrom, die konstante Primärspannung und ein beliebiger Betriebsstrom bekannt sein müssen. Die Einführung der symbolischen Bezeichnung in die Rechnung erweist sich als äußerst wertvoll in bezug auf die Scheinwiderstände des Transformators. Über das Ungewohnte der symbolischen Form mag man nach einiger Übung hinwegkommen. — Mit der Scottschen Schaltung der Transformatoren und besonders mit der Aufstellung der Diagramme für diesen Sonderfall beschäftigt sich eine Arbeit von Pestarini[33]).

Bei Stromtransformatoren sollen nach Harned[37]) von Null bis zu einem Mehrfachen des Vollaststromes Übersetzungsverhältnis und Phasenverschiebung zwischen Primär- und Sekundärstrom eindeutig und unveränderlich sein, auch dann, wenn die Frequenz, die Wellenform des Primärstromes und die Anzahl der angeschlossenen Stromzeiger und Relais sich ändern. Diese Forderung ist nicht zu erfüllen, weil die Permeabilität des Eisens veränderlich ist und jede Änderung der sekundären Belastung eine Veränderung der Phasenverschiebung zur Folge hat. Am besten erfüllt die Forderung ein Transformator mit großer Windungszahl und mit großer sekundärer Reaktanz. — Wenn bei einem Stromtransformator mit der Übersetzung 1 : 1 das Verhältnis Primärstrom zu Sekundärstrom $J_1/J_2 = 1 + N$ gesetzt werden kann, wo $J_1 = -J_2 \hat{+} J_\mu \hat{+} J_H$ und a der Winkel ist, den im Stromdiagramm die Verlängerung von J_2 mit J_1 bildet, so fordert Garrard[35]) für N eine Schwankung von höchstens 1% bei allen Änderungen des Primär- und des Sekundärstromes, da die hieraus folgende Abweichung in den Angaben der Stromzeiger noch zulässig ist. Wegen des Einflusses von a auf die Angaben von Leistungszeigern dürfen diese nur mit dem Stromtransformator zusammen geeicht werden. Die absolute Größe von a ist etwa 1^0; der Einfluß von a auf die Leistungszeigerangaben ist (in %) $= 0$ bei $\cos\varphi = 1$ des Primärstromes, $= 1{,}55\%$ bei $\cos\varphi = 0{,}75$ und $= \infty$ bei $\cos\varphi = 0$. — Wie gering der Einfluß der Wellenform bei richtig bemessenen Stromtransformatoren ist, geht aus Versuchen hervor, über die Craighead[36]) berichtet. Er fand höchstens Abweichungen von 0,2% im Übersetzungsverhältnis, wenn Wellen der verschiedensten Formen, von der fast reinen Sinuswelle bis zu einer übertrieben spitzen Welle, angewendet wurden; der Phasenverschiebungswinkel schwankte zwischen 5 und 10 min. — Um das Diagramm

zweier gleichartigen Stromwandler, deren Sekundärwicklungen hintereinandergeschaltet sind, und deren Primärwicklungen von verschieden großen Strömen durchflossen werden, zu konstruieren, bildet man nach Bauch[37]) das Mittel aus den beiden Primärströmen und zeichnet das Diagramm auf, als ob nur ein Meßwandler auf den halben Sekundärkreis arbeite. Der Sekundärstrom ist der Summe der Primärströme proportional, wenn die magnetischen Größen beider Transformatoren und der sekundäre Widerstand richtig bemessen sind.

Berechnung. Die thermischen Grundlagen der Ölkühlung untersucht Bachmann[38]) in einer Dissertation. Nach Lorenz ist die von der Flächeneinheit durch Konvektion auf ruhige Luft abgegebene Wärmemenge $L_f =$ $0{,}0004 \cdot H^{-\frac{1}{4}} \cdot \vartheta^{\frac{5}{4}}$ W/cm²; H ist die Höhe der senkrechten Heizfläche und ϑ ihre Übertemperatur über der Umgebung. Es wird gezeigt, daß diese Formel auch gilt, wenn die Heizplatte in Öl steht und für ϑ der Unterschied zwischen der mittleren Heizplatten- und der mittleren Öltemperatur gesetzt wird. Für das bei den Versuchen verwendete Öl (gewöhnliches Lagerschmieröl) wurde gefunden $L_f = 0{,}0046 \cdot H^{-\frac{1}{4}} \cdot \eta_m^{-\frac{1}{4}} \cdot \vartheta^{\frac{5}{4}}$ W/cm²; η_m, der Koeffizient für die innere Reibung im Öl, ist abhängig von der Zähigkeit und daher von der Öltemperatur, so daß L_f etwa mit ϑ^2 steigt, wie durch die Versuchsergebnisse bewiesen wird. — Montsinger[39]) beschäftigt sich mit der Frage, welchen Einfluß die barometrische Druckhöhe auf die Temperaturzunahme hat und findet, daß beim Übergang zu größerer Höhe die Temperaturzunahme um den konstanten Betrag von etwa 5% für je 1000 m Höhenunterschied steigt, wenn nur Wärmeabgabe durch Konvektion berücksichtigt wird. Soll auch die Wärmeabgabe durch Strahlung in Rechnung gesetzt werden, so ist ein Faktor S einzuführen, welcher von der Beschaffenheit der ausstrahlenden Oberfläche abhängig ist. Die prozentuale Temperaturzunahme ist $= 5 \times A \times S$, wo A der Höhenunterschied in km ist. Infolge der Widerstandszunahme tritt in Kupferwicklungen eine weitere Erhöhung der Temperaturzunahme ein, so daß die prozentuale Zunahme $= 5{,}85 \times A \times S$ im Kupfer wird. Für verschiedene Verhältnisse von Kupfer- : Eisenverlust wird man praktisch genau genug die Temperaturzunahme $= A \times S\,(5 + a)$ rechnen, wo a der Prozentsatz der Kupferverluste von den Gesamtverlusten ist. Beobachtungen in den Höhen 0 m, 1525 m und 3055 m ergaben gute Übereinstimmung mit der Vorausberechnung. S kann z. B. für einen Transformatorkessel aus Wellblech bestimmt werden aus

$$S = \frac{\text{wirkliche Oberfläche aller Kesselaußenwände}}{\text{wirkliche Oberfläche} + 1{,}3 \cdot e \cdot \text{umbeschriebene Oberfläche}};$$

unter der wirklichen Oberfläche ist die Länge des gestreckt gedachten Wellbleches × Kesselhöhe + Boden- + Deckelfläche, unter umbeschriebene Oberfläche die Länge eines um den Kessel außen herumgelegten Fadens × Kesselhöhe + Boden- + Deckelfläche zu verstehen (bei einem glatten Kessel sind beide Oberflächen gleich). 1,3 ist eingeführt unter der annähernd zutreffenden Annahme, daß innerhalb der Temperaturgrenzen 30° und 80° des Raumes das Verhältnis

$$\frac{\text{Wärmeabgabe durch Strahlung}}{\text{Wärmeabgabe durch Ableitung}} = 1{,}3$$

ist, und e ist die von der Farbe und Beschaffenheit der Fläche abhängige Ausstrahlungsfähigkeit. e kann annähernd $= 1$ gesetzt werden. Wird das Verhältnis umbeschriebene Oberfläche : wirkliche Oberfläche $= R$ genannt, so ist die prozentuale Temperaturzunahme

$$\Phi\,\% = \frac{A\,(5 + a)}{1 + 1{,}3 \cdot R}.$$

R schwankt in den Grenzen 1 (bei Kesseln mit glatter Oberfläche) und etwa 0,125 (bei Kesseln mit besonders unterteilter Oberfläche); R wird $= 0$ bei Trans-

formatoren mit natürlicher Luftkühlung, wo alle Wärme durch Konvektion abgeführt wird.

Den „Wärmezustand“ wassergekühlter Transformatoren berechnet Armstrong[40]) zu Vergleichszwecken aus der Formel

$$U = \frac{W(T_2 - T_1)}{O\left(T - \frac{T_2 + T_1}{2}\right)};$$

darin ist T die Öltemperatur oben im Kessel, T_1 die Temperatur des zufließenden, T_2 die des abfließenden Wassers, W die Kühlwassermenge in l/h und O die der Kühlung ausgesetzte Spulenoberfläche in m². U kann bei Transformatoren mit reiner Spulenoberfläche $= 100$ sein und bei Schlammabsatz auf den Spulen auf 40 herabsinken. Durch Nachrechnung von U in bestimmten Zeiträumen kann man sich daraus ein Bild von dem Zustand des Transformators machen.

Die Methoden, die von verschiedenen Verfassern angegeben sind, um einen neu zu entwerfenden Transformator zu bemessen, werden in einer Arbeit von Denton[41]) zusammengestellt und kritisiert mit dem Ergebnis, daß am brauchbarsten die Vorschläge Arnolds befunden werden, das Verhältnis Eisenverluste : Kupferverluste für Lichttransformatoren < 1, für Krafttransformatoren $= 1$ zu wählen. — Das gleiche Thema behandelt Robertson[42]), welcher die Veröffentlichung einer von ihm und Bohle 1911 angegebenen Methode mit einigen Änderungen, die auf Grund neuerer Diskussionen und Kritiken wünschenswert sind, wiederholt. Er geht aus von der Leistung in VA und stellt die Formel auf

$$L_0 = \frac{\Sigma E \cdot J}{\sqrt{\text{Eisenverlust}} \cdot \sqrt{\text{Kupferverlust}} \cdot \sqrt{c_{Ei} \cdot c_{Ku}}} \cdot L_L,$$

worin L_0 die „Grundlänge“, die Eisen- und Kupferabmessungen enthaltend, $\Sigma E \cdot J$ die Gesamtbelastung aller Wicklungen, c_{Ei} und c_{Ku} Koeffizienten, die aus Erfahrung bekannt sein müssen, und L_L die „Verlustlänge“ sind, die einer gegebenen Tabelle entnommen werden kann. Die Größe der Verluste ist aus dem zu schätzenden Wirkungsgrad zu überschlagen und ihr Verhältnis zueinander anzunehmen. Mit Hilfe der in der Arbeit gegebenen Tabellen und Schaulinien läßt sich, wie an einem Beispiel gezeigt wird, ein Transformator berechnen. Bezüglich der Verluste wird gesagt, daß der kleinste Transformator bei gegebenem Wirkungsgrad bei gleichmäßiger Verteilung der Verluste auf Eisen und Kupfer erhalten wird, daß man aber bei Lichttransformatoren mit Rücksicht auf die Dauer der Verluste die Eisenverluste kleiner als die Kupferverluste (s. Arnold) annehmen soll, um wieviel wird leider nicht angedeutet.

Einen einfachen Weg zur Bestimmung des Spannungsabfalles bei induktiver Belastung gibt Müller[43]) an. Aus der Gleichung für den Spannungsabfall

$$e = e_0 \cos\varphi + \sin\varphi \sqrt{e_k^2 - e_0^2}$$

(wo e_0 der Spannungsverlust im Kupfer, e_k die Kurzschlußspannung, beide in %, und $\cos\varphi$ der Leistungsfaktor ist), folgt $c = C \times e_0$, wenn

$$C = \left(1 + \operatorname{tg}\varphi \sqrt{\frac{e_k^2}{e_0^2}}\right) \cos\varphi$$

gesetzt wird.

Für jeden Winkel φ kann die Abhängigkeit zwischen C und e_k/e_0 in einer Kurve dargestellt werden, indem man die Werte von C als Ordinaten, die von e_k/e_0 als Abszissen aufträgt, und zwar für Werte bis herauf zu $e_k/e_0 = 10$, welcher bei großen Transformatoren sehr hoher Spannung erreicht wird. Man erhält so eine Schar fast geradliniger Kurven; bei bekanntem e_k/e_0 sucht man den Wert von C, der dem gegebenen $\cos\varphi$ entspricht, aus der Kurve heraus und bildet $e = C \times e_0$.

Peters[44]) stellt Formeln auf, nach denen die Anziehungskräfte zwischen zwei Spulen in Scheiben- und in Zylinderform berechnet werden können. Die Anziehungskraft P, die in zwei parallel zueinander verlaufenden Zuleitungen von der Länge l und dem Abstand der Mittellinien a auftritt, wenn in der einen J_1, in der anderen J_2 fließt, ist

$$P = J_1 \cdot J_2 \cdot \frac{2\,l}{a} \cdot 10^{-8} \,\text{kg}.$$

Handelt es sich um die beiden Zuleitungen einer und derselben Spule, so ist $J_1 = J_2$ und die Kraft wirkt abstoßend; haben J_1 und J_2 die gleiche Richtung, wirkt P anziehend. Fließen J_1 und J_2 in verschiedenen Phasen eines Drehstromtransformators, wirkt P anziehend, wenn die Ströme unter 60°, und abstoßend, wenn sie unter 120° zueinander stehen. Wenn die Leitungsschienen rechteckigen Querschnitt haben und die Rechtecke so liegen, daß die Langseiten von der Breite b parallel verlaufen, während die Rechtecksmittelpunkte im Abstand a voneinander stehen, so ist für kleines a

$$P = J_1 \cdot J_2 \cdot \frac{2\,l \cdot a \cdot 10^{-8}}{b^2} \cdot \left[\frac{b}{a} \cdot \operatorname{tg}^{-2} \frac{b}{a} - \frac{1}{2} \ln\left(1 + \frac{b^2}{a^2}\right)\right].$$

Wird a beträchtlich größer als b, so ist $ln\left(1 + \frac{b^2}{a^2}\right)$ annähernd Null und es kann für $\operatorname{tg}^{-2}\frac{b}{a}$ genau genug $\frac{b}{a}$ gesetzt werden; die Gleichung für P geht dann in die vorige über.

Bei der Aufstellung der Gleichungen des Stromkreises in Anlagen für drahtlose Telegraphie, die in Resonanz arbeiten, vernachlässigt man meistens den Einfluß des Magnetisierungsstromes. Chireix[45]) zeigt den Weg, wie man ihn berücksichtigen kann, um wieviel ein mangelhaft entworfener Transformator die Leistung einer Station herabsetzen kann, und wie man für einen gegebenen magnetischen Kreis das günstigste Kupfergewicht bestimmen kann.

Betrieb. Öl. Über die Beschaffenheit des Öles und über die Art, wie das Öl zu prüfen ist, ist von dem Ausschuß der Institution of El. Eng.[46]) eine genaue Vorschrift erlassen worden. U. a. soll sich die Prüfung erstrecken auf die Schlammbildung, Verfärbung (hierfür wird das im Petroleumhandel gebräuchliche Tintometer von Lovibond empfohlen), Verdampfungsverlust bei achtstündiger Erwärmung auf 100° C, Entflammungspunkt (mit dem Grayschen Apparat festzustellen), Viskosität bei 15,5, 50 und 80° C (mit dem Viskometer von Redwood zu messen), die chemischen Eigenschaften (Gehalt an Säure und Lauge), Dichtigkeit, Wärmeausdehnung, Gefrierpunkt, Wassergehalt, dielektrische Festigkeit, spezifisches Leitvermögen und spezifische Wärme. Für alle Prüfungen werden wohl die Prüfmethoden und die Prüfapparate angegeben, leider aber nicht die Anforderungen an das Öl.

Auf der Suche nach einem Ersatzmittel für das infolge der Grenzsperre knapp werdende Öl ist man auf das „nicht brennbare Schalteröl" Pentachloraethan (C_2HCl_5) verfallen. Seine Erfahrungen mit diesem Öl gibt Stern[47]) bekannt; für Schalter ist es nicht brauchbar, weil es sich im Lichtbogen zersetzt und beim Erwärmen mit Wasser Salzsäure abspaltet. Dieser und der weitere Umstand, daß in der Wärme Kupfer und Eisen angegriffen werden, schließen auch die Verwendung als Transformatorenöl aus.

Für das Auskochen von Transformatoren hält Thieme[48]) eine Zeit von 8 h für kleine und von 48 h für sehr große Transformatoren für ausreichend. Die Öltemperatur soll 115° C betragen, wenn ohne Vakuum gekocht wird; sie darf heruntergehen auf 90° C bei 50% Vakuum und auf 80° C bei 70% Vakuum. Von der Maschinenfabrik Oerlikon ist ein Ölkochapparat mit elektrischer Widerstandsheizung entworfen worden, bei dem die Heizspiralen neben- oder hintereinander geschaltet werden können je nach dem erforderlichen Wärmegrade. — Während bei diesem Verfahren ein die Wärme auf das Öl übertragendes

Mittel nicht vorhanden ist, geht ein anderer Vorschlag[49]) dahin, in das Öl ein Heizschlangensystem zu legen, welches von überhitztem Wasser durchströmt wird. Dieses läuft entweder ohne Hilfe infolge der Wärmeunterschiede oder unter dem Drucke einer Pumpe mit 20 bis 30 m/s Geschwindigkeit in einem in sich geschlossenen Heizrohrsystem um, in dem es unter Druck erhitzt wird und zwar auf eine Temperatur, die etwa 20° über der gewünschten Öltemperatur liegt.

Über die Frage, wie oft das Öl auf Feuchtigkeitsgehalt geprüft werden muß, äußert sich Peck[50]), daß aus Innenraumtransformatoren in Abständen von 3 Monaten, aus Außenraumtransformatoren mittlerer Spannung in Abständen von 2 Monaten und bei sehr hoher Spannung monatlich Proben zu entnehmen genügt.

Schaltungsfragen. Eine neuartige Schaltung schlägt Gibbs[51]) vor. An Stelle von drei Einphasentransformatoren, die in △ an ein Drehstromnetz geschaltet sind und ein Drehstromnetz speisen, will er nur zwei entsprechend größere verwenden in V-Schaltung, derart, daß je eine Klemme jedes Transformators mit je einem Netzleiter, die übrigen beiden Klemmen der Transformatoren miteinander und mit dem dritten Netzleiter verbunden werden. Über die Spannungsverhältnisse gibt die folgende Zusammenstellung Aufschluß:

Anzahl, Leistung und Schaltung der Transformatoren	Spannung gemessen	Spannung bei Vollast in % der Leerlaufspannung bei		
		cos φ = 1	cos φ = 0,9	cos φ = 0,8
3 Transformatoren, je 5 kVA in △	zwischen zwei beliebigen Netzleitern	98,31 %	97,48 %	97,27 %
2 von den obigen, in V	am linken Schenkel des V	99,68 %	98,48 %	98,05 %
	am rechten Schenkel des V	97,36 %	97,15 %	97,23 %
	an der offenen Seite des V	97,09 %	95,63 %	95,26 %

Es treten also nur Spannungsunterschiede von etwa 2,5 bis 3% zwischen den drei Phasen auf. Von Vorteil ist die Schaltung natürlich nur für Anlagen größerer Leistung, wo außer der Raumersparnis auch eine Verringerung der Anlagekosten für sie spricht, wie aus dem folgenden Beispiel ersichtlich ist:

Anzahl	Leistung	Schaltung	Gesamtleistungsfähigkeit	Verluste für 1 kVA Transformatorleistung		Kosten	Gewicht
der Transformatoren						für 1 kVA Transf.-Leistg.	
	kVA		kVA	in Watt	in %	in %	in %
3	je 300	△	900	16,77	100	100	100
2	je 500	V	866	16,98	101	86,3	100

Über die Stromverteilung auf drei in Dreieck geschaltete Einphasentransformatoren mit ungleicher Impedanz[52]) geben folgende Angaben ein Bild:

1. Zwei der Transformatoren haben gleiche, der dritte eine abweichende Impedanz; die letztere darf 73 bis 163% der Impedanz eines der anderen Transformatoren betragen, ohne daß irgendeiner der Transformatoren um mehr als 10% überlastet wird.

2. Wenn alle Impedanzen verschieden sind und keiner der Transformatoren um mehr als 10% überlastet werden darf, müssen die Gleichungen erfüllt sein:

$$i_1 = \frac{J}{Z}\sqrt{Z_2^2 + Z_3^2 + Z_2 \cdot Z_3}\,, \quad i_2 = \frac{J}{Z}\sqrt{Z_1^2 + Z_3^2 + Z_1 \cdot Z_3}\,,$$

$$i_3 = \frac{J}{Z}\sqrt{Z_1^2 + Z_2^2 + Z_1 \cdot Z_2}\,,$$

worin J der Strom in einem Netzleiter, i_1, i_2, i_3 der Strom im Transformator 1, 2, 3 mit den Impedanzen Z_1, Z_2, Z_3 und $Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$ ist. — Die Frage, wie die Stromverteilung auf die Wicklungen eines in △ geschalteten Transformators bei ungleicher Belastung der drei Phasen ist, finden wir an Hand der Diagramme in einem Aufsatz in Gen. El. Rev.[53]) beantwortet.

Über das im JB 1915, S 49 behandelte Problem, mit einem in T geschalteten Autotransformator die Parallelschaltung eines Zweiphasen- mit einem Dreiphasennetz zu ermöglichen, verbreitet sich Blume[54]) sehr eingehend, indem er auch die Gleichungen aufstellt, nach denen die Stromverteilung ermittelt werden kann. Bei der verhältnismäßig kleinen Zahl von vorhandenen Zweiphasennetzen hat das Problem mehr wissenschaftlichen als praktischen Wert.

Eine interessante Erfahrung teilt Sorensen[55]) mit. In einem ausgedehnten Netz mit Hochspannung und Mittelspannung traten auf der Mittelspannungsseite häufig Überschläge auf, die regelmäßig Störungen auf der Hochspannungsseite, manchmal räumlich sehr weit entfernt, nach sich zogen. Es gelang Abhilfe dadurch zu schaffen, daß auf der Mittelspannungsseite ein zufällig vorhandener unbenutzter Transformator in Sternschaltung mit geerdetem Sternpunkt eingeschaltet wurde. Seine Hochspannungswicklung war in Dreieck geschaltet und wurde an das Netz nicht angeschlossen. Seitdem haben die Störungen der Zahl nach erheblich nachgelassen und blieben stets örtlich beschränkt.

Bau. Auf der Panama-Pacific-Ausstellung war ein Einphasentransformator für Versuchszwecke aufgestellt, über dessen Einzelheiten Bayley[56]) berichtet. Er sollte bei 1 Mill. V und 60 Per/s 1000 kVA leisten und war als Kerntransformator mit Zylinderwicklungen auf nur einem Schenkel ausgeführt. Der Kernquerschnitt betrug 40 × 40 cm, die Fenstermaße 213 × 101 cm, das Gewicht des Transformators ohne Kessel und Öl 14,5 t. Die Hochspannungswicklung bestand aus 190 in Reihe geschalteten Spulen mit je 212 Windungen aus Aluminiumfolie mit Zwischenlagen aus Papierstreifen, die etwas breiter waren als der Leiter. Die Niederspannungswicklung war aus 122 Spulen mit je 44 Windungen aus Kupferband, ebenfalls mit Papierzwischenlagen isoliert, gebildet; von den Spulen waren 2 in Reihe, 61 Gruppen parallel geschaltet. Der Innen- und der Außendurchmesser der Niederspannungswicklung maßen 585 mm bzw. 685 mm, die entsprechenden Maße der Hochspannungswicklung waren 1090 bzw. 1295 mm. Zwischen beiden Röhren war ein Papierzylinder von den Abmessungen 1065 mm Außendurchmesser bei 152 mm Stärke und 2340 mm Höhe eingeschoben; er wog 900 kg und war unter hohem Vakuum imprägniert. Beide Wicklungen waren einseitig geerdet, das betreffende Röhrenende lag unmittelbar am Gestell. Um das andere Ende der Hochspannungsröhre war ein reichlich bemessener Schutzring oder Schild angebracht. Der ganze Transformator war, auf dem Schenkel ohne Wicklung liegend, in einer offenen, mit galvanisiertem Eisenblech ausgekleideten Betongrube untergebracht, die so weit mit Öl gefüllt war, daß der Ölspiegel 160 mm über dem Schutzschild stand. Es wurden 250 hl Öl gebraucht. Da die Öloberfläche 27 m² ausmaß, wurde eine große Feuchtigkeitsaufnahme aus der Luft befürchtet, die aber nicht eintrat. In einer Ölprobe, die vor der Inbetriebsetzung entnommen wurde, schlug zwischen zwei Kugeln von 12,5 mm Durchmesser eine Spannung von 18000 bis 20000 V auf 5 mm Abstand über, in einer etwas später entnommenen Probe erfolgte der Durchschlag erst bei 40000 V. In diesem Zustand blieb das Öl während der

ganzen Betriebszeit. Zur Ableitung der Hochspannung diente ein isoliert aufgehängtes Kabel, ein Durchführungsisolator konnte bei der offenen Bauart der Ölgrube umgangen werden. Es ist nicht gelungen, den Transformator auf die volle Spannung von 1000000 V zu bringen; bei 600000 V traten Überschläge zwischen den Spulen und von diesen nach der geerdeten Auskleidung der Grube ein.

Die Ausführung von Kühlschlangen im Kessel haben BBC[57]) aufgegeben; an ihre Stelle sind flache Kühlkammern getreten, die innen an der Kesselwand oder in geringem Abstand davon befestigt werden, und die von senkrechten Rohren durchzogen sind. Durch die letzteren läuft das Öl um, durch die Kammern die Kühlflüssigkeit. — Für die Kesselausführungen stellt Moody[58]) folgende Regeln auf: Es ist vorteilhafter, die Nähte zu verschweißen als sie zu löten oder zu nieten; für Transformatoren bis etwa 1200 kVA mit Selbstkühlung ist der Kessel aus Wellblech in Gußeisengrundrahmen der beste, für größere (bis etwa 3000 kVA) ist ein glatter Stahlblechmantel mit eingeschweißten, henkelförmigen Röhren vorzuziehen. Noch größere Kessel sollten aus Versandrücksichten leicht abnehmbare Kühltaschen aus Wellblech erhalten. Zur Verringerung der magnetischen Kräfte im Transformator bei gelegentlichen Kurzschlüssen empfiehlt der Verfasser, dem Transformator eine so hohe Reaktanz zu geben wie für die Spannungsregelung zulässig ist. 4 bis 6% ist immer, bei hohen Spannungen noch mehr annehmbar, besonders wenn das Netz Synchronmotoren oder Umformer speist.

Die Konstruktion eines neuen Durchführungsisolators beschreibt und begründet Bolliger[59]). Die Form ist so gewählt, daß die Feldstärken an der Durchführungsstelle und längs des Isolatorkörpers praktisch konstant sind, daß also die höchste Widerstandsfähigkeit gegen Durchschlag und Überschlag vorhanden ist, trotz der sehr kleinen Abmessungen. Es verhält sich die Länge zu der gewöhnlicher Isolatoren bei gleicher Sicherheit wie 1 : 2, der Durchmesser in der Fassung wie 1 : 1,33. Der Porzellankörper besteht aus zwei gleichen Teilen, welche vom Durchführungsbolzen zusammengehalten werden, so daß die Ebene der Teilfuge senkrecht auf der Isolatorachse steht. Die Stärke der zu durchdringenden Wand hat auf die schwierig und umständlich herzustellenden Porzellankörper keinen Einfluß, sondern nur auf die Länge des Durchführungsbolzens und einiger anderen Teile, die bei der Montage leicht passend geschnitten werden können.

Von Kleintransformatoren ist erwähnenswert die Vereinigung je eines Meßtransformators für Spannung und Strom[60]) auf einem gemeinschaftlichen Rahmen in gußeisernem Ölkessel, die besonders für die Verwendung im Freien geschaffen ist. Ferner sei auf die Arbeit von Wirz[61]) über Klingeltransformatoren hingewiesen. Hierfür ist die Mantelbauart trotz ihres höheren Eisengewichtes wegen der geringeren Streuung und des kleineren Spannungsabfalles vorzuziehen. Besonders hervorzuheben ist eine Ausführung, bei der die Spulen als Scheiben gewickelt sind und in diese hinein der Eisenkörper, bestehend aus zwei voneinander unabhängigen, spiralig aufgewundenen Bändern. Wichtig ist, die Leerlaufleistung sehr klein zu halten; bei sorgfältiger Konstruktion kann sie unter 1 W und der Leerlaufstrom unter 0,025 A sein. Als Sekundärleistung genügen 1 bis 5 W und 5 bis 10 V für Wohnhäuser. Der Spannungsabfall sollte 30 bis 35% nicht übersteigen. Bei einem Preis von 32 Pf für die kWh schwanken die Energiekosten im Jahre zwischen 1,60 M und 6 M für 5 min täglicher Gesamtbenutzungsdauer, zwischen 1,65 M und 6,20 M für 10 min und zwischen 1,80 und 6,45 M für 20 min täglicher Gesamtbenutzungsdauer. Die Zahlen sind aus der Untersuchung einer größeren Anzahl von verschiedenen Lieferanten herrührender Transformatoren gewonnen, woraus sich ihr weiter Abstand erklärt. Zum Vergleich seien die Jahreskosten einschließlich derjenigen für Unterhaltung und Instandsetzungen bei Elementenbetrieb wiedergegeben; sie schwanken zwischen 2,25 M und 18,50 M, der letztgenannte Betrag entsteht bei Verwendung von Trockenelementen.

Verschiedenes. In Drosselspulen mit Eisenkern und veränderlichem Luftspalt kann die Reaktanz innerhalb verhältnismäßig weiter Grenzen auf jeden gewünschten Betrag eingestellt werden. Die genaue Berechnung ist schwierig. Unter vereinfachenden Annahmen stellt Sano[62]) die Berechnungsformeln auf, erläutert ihren Gebrauch an Beispielen und beweist durch Vergleichen der durch Rechnung gefundenen mit gemessenen Werten, daß völlig ausreichende Übereinstimmung zwischen beiden vorhanden ist, d. h. daß die vereinfachenden Annahmen zulässig sind.

Über eine Verwendung ruhender Transformatoren zur Umformung von Drehstrom in Einphasenstrom dreifacher Periodenzahl berichtet Taylor[63]). Die Wicklungen sind auf zwei unabhängigen Eisenkernen aufgewickelt und hintereinander geschaltet; ist der eine Kern stark, der andere schwach gesättigt, so wird bei

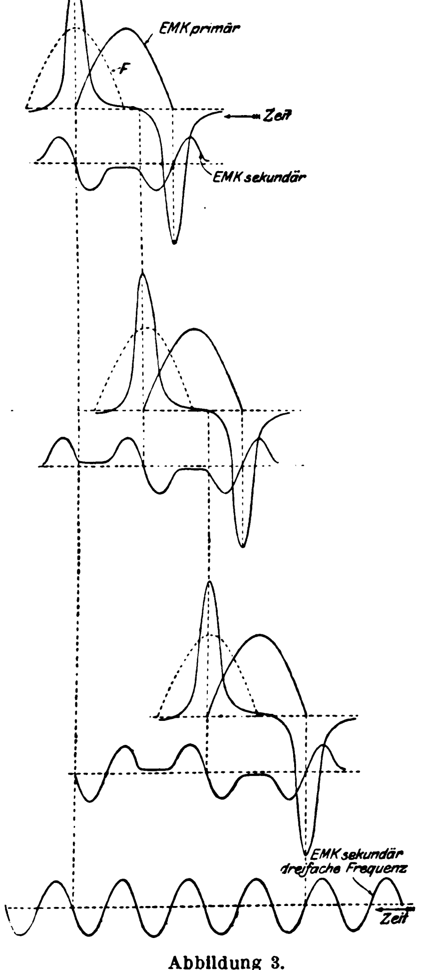


Abbildung 2. Abbildung 3.

Umformung von Drehstrom in Einphasenstrom dreifacher Frequenz.

sinusförmiger Spannungswelle des eingeführten Stromes in dem gesättigten Kern eine stark abgeflachte, in dem ungesättigten eine spitze Kraftlinienkurve erzeugt. In einer auf letzterem aufgewickelten Sekundärspule wird eine EMK hervorgerufen, deren Kurve durch D in Abb. 2 dargestellt ist. Werden die Sekundärspannungen, welche durch alle drei Phasen des eingeführten Drehstromes hervorgerufen werden, addiert, so entsteht eine symmetrische Spannungskurve von der dreifachen Frequenz, s. Abb. 3. Die Addition kann praktisch durch Hintereinanderschaltung oder durch Parallelschaltung der Sekundärspulen vorgenommen werden. An die Stelle der drei schwach gesättigten Kerne kann ein einziger mit drei Primärwicklungen treten. Die Anord-

nung hat die Nachteile sehr hohen Eisengewichtes und eines sehr schlechten Leistungsfaktors, der bei einer Probeausführung für 7 kW Nutzleistung und $\cos \varphi = 1$ auf der Sekundärseite nur 0,2 auf der Primärseite betrug. Deswegen wird wohl die Anwendung auf ganz wenige Fälle beschränkt bleiben.

Es sei an dieser Stelle noch auf das von Vidmar verfaßte Buch „Moderne Transformatorenfragen" hingewiesen, in welchem der Verfasser alle die Gedanken zusammenfaßt, „die sich im Unterbewußtsein jedes Konstrukteurs einfinden, der am Fortschritte seines Faches tätigen Anteil nimmt". Er behandelt die Preis- und Wirkungsgradfrage, den Leerlaufstrom, die Erwärmung, die elektrodynamischen Kraftwirkungen und die besonders bei sehr hohen Spannungen wichtigen Fragen der Spulenanordnung, Isolationsverteilung und der Isolationsverstärkung der Eintrittsspulen.

[1]) F. C. Helms u. C. M. Fulk, Gen. El. Rev. 1916, S 980. — [2]) El. World Bd 67, S 377. — [3]) Burnham, Gen. El. Rev. 1916, S 457. — [4]) Gen. El. Co., El. Masch.-Bau 1916, Anhang S 71. — [5]) British Westinghouse Co., Electr. (Ldn.) Bd 78, S 147. — [6]) El. Masch.-Bau 1916, S 241 (nach BBC-Mitteilungen). — [7]) Austin, Lum. électr. Bd 34, S 13. — [8]) E. Wróbel, El. Masch.-Bau 1916, S 549, 562. — [9]) El. Anz. 1916, S 593, 601. — [10]) Helios Exportz. 1916, S 1005. — [11]) BBC-Mitt. 1916, S 147 (Schweiz. Ausg.), S 64 (Deutsche Ausg.). — [12]) Tschudy, El. World Bd 67, S 1409. — [13]) A. W. Hull, Gen. El. Rev. 1916, S 173. — Electr. (Ldn.) Bd 77, S 220. — [14]) Norden, ETZ 1916, S 640. — [15]) Wehnelt, El. Anz. 1916, S 5. — [16]) Meikle, El. World Bd 67, S 1174 (nach Gen. El. Rev.). — [17]) El. World Bd 67, S 441. — [18]) Green, Gen. El. Rev. 1916, S 805. — [19]) Electr. World Bd 67, S 895. — [20]) BBC, Helios Exportz. 1916, S 449. — [21]) Helios Fachz. 1916, S 229. — [22]) El. Masch.-Bau 1916, S 567. — [23]) Lorenz, Arch. El. Bd 4, S 256. — [24]) The Cutler-Hammer Clutch Co., El. World Bd 67, S 282. — [25]) AEG, Glasers Annalen Bd 79, S 47. — [26]) G. R. Dean, Electr. (Ldn.). Bd 77, S 325. — [27]) H. M. Lacey u. C. H. Stubbings, El. Masch.-Bau 1916, S 122. — [28]) Cone, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 422. — [29]) Stephenson, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 431. — [30]) Lof u. Blume, Gen. El. Rev. 1916, S 246, 342. — [31]) Jaensch, ETZ 1916, S 291. — [32]) A. Thomälen, ETZ 1916, S 17. — [33]) Pestarini, Lum. él. Bd 32, S 125, 147. — [34]) M. L. Harned, El. World Bd 67, S 869. — [35]) C. C. Garrard, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 499, 537. — [36]) Craighead, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 41. — [37]) R. Bauch, El. Masch.-Bau 1916, S 221. — [38]) R. Bachmann, ETZ 1916, S 263. — [39]) V. M. Montsinger, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 451. — [40]) Armstrong, El. Masch.-Bau 1916, S 145. — [41]) F. M. Denton, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 43, 78, 113, 147, 181. — [42]) D. Robertson, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 934; Bd 78, S 4. — J. Inst. Electr. Eng. Bd 54, S 142. — [43]) J. Müller, ETZ 1916, S 571, nach Zschr. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Bd 68, S 568. — [44]) J. F. Peters, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 5. — [45]) Chireix, Lum. él. Bd 35, S 181. — [46]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 73. — [47]) G. Stern, ETZ 1916, S 289. — [48]) H. Thieme, Helios Fachz. 1916, S 9. — [49]) Helios Fachz. 1916, S 326. — [50]) Peck, El. World Bd 67, S 1413. — [51]) J. B. Gibbs, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 727. — [52]) Gen. El. Rev. 1916, S 1137. — [53]) Gen. El. Rev. 1916, S 87. — [54]) Blume, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 530. — [55]) Sorensen, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 526. — [56]) G. L. Bayley, El. World Bd 67, S 419. — [57]) BBC, Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 63. — [58]) Moody, Gen. El. Rev. 1916, S 439. — [59]) Bolliger, Arch. El. Bd 4, S 354. — [60]) El. World Bd 67, S 449. — [61]) E. Wirz, Bull. Schweiz. EV 1916, S 317. — [62]) S. Sano, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 567. — [63]) M. Taylor, ETZ 1916, S 122 (nach Journ. Inst. El. Eng. Bd 52, S 700).

Messungen an elektrischen Maschinen.

Von Generalsekretär Leo Schüler.

Eine Arbeit von W. Kummer[1]): Über »Garantien und Messungen des Wirkungsgrades an elektrischen Maschinen« weist darauf hin, daß die Wirkungsgradbestimmung aus den Leerlaufverlusten (nach § 41 der Maschinennormalien des VDE) unrichtige, und zwar zu hohe Werte ergibt, weil auf die zur Überwindung der Ankerreaktanz bei Belastung erhöhte innere EMK und die dadurch bedingte Erhöhung des magnetischen Flusses keine Rücksicht genommen

wird. Der Verfasser erläutert die Verhältnisse an Hand von Diagrammen und gibt eine einfache Formel an, die zur überschlägigen Berechnung der Feldstärke bei Belastung dienen soll. Nach Ansicht des Berichters leidet der Vorschlag an dem Mangel, daß auf den Verlauf der Streufelder im Ankereisen keine Rücksicht genommen wird. Ein Teil der zusätzlichen Kraftlinien wird zwar die Zähne, aber nicht den Ankerkern durchsetzen; man würde also über das Ziel hinausschießen, wenn man die gesamte nach dem Kummerschen Vorschlag ermittelte Feldstärke der Berechnung der Eisenverluste zugrunde legte. Immerhin verdient die Anregung volle Beachtung.

Eine Dissertation von F. Kempe[2]) beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit Wirbelstrombremsen mit Wechselstromerregung brauchbar sind. Zur Klärung dieser Frage wurden vergleichende Versuche angestellt, die, wie zu erwarten, ergeben haben, daß bei Wechselstromerregung die Bremsleistung wesentlich geringer und der Verbrauch an Magnetisierungsarbeit bedeutend größer ist als bei Erregung durch Gleichstrom.

[1]) W. Kummer, Bull. Schweiz. EV 1916, S 273. — [2]) F. Kempe, ETZ 1916, S 585.

Betrieb elektrischer Maschinen.

Von Generalsekretär Leo Schüler.

Regelung.

Regelung der Spannung. Eine Arbeit über „Stabilisierung elektrischer Maschinen"[1]) bringt mehrere Lösungen des Problems, die Spannung selbsterregter Maschinen in sehr weiten Grenzen zu regeln. Ohne weiteres ist dies bekanntlich nicht möglich, so lange die Maschine auf dem unteren (geradlinigen) Teil der Charakteristik arbeitet. Die mitgeteilten Lösungen haben das Gemeinsame, daß die bei niederen Spannungen vorhandene Proportionalität zwischen Erregerstrom und Spannung künstlich aufgehoben wird. Beim DRP 243035 der SSW wird dies dadurch erreicht, daß eine Drosselspule über besondere Schleifringe an den Anker der Maschine gelegt wird; der aufgenommene wattlose Wechselstrom schwächt die Erregung der Maschine, und durch Wahl geeigneter Sättigung der Drosselspule kann erreicht werden, daß auch bei niedriger Betriebsspannung die Maschinenspannung dem Erregerstrom nicht mehr proportional ist. Bei selbsterregenden Wechselstrom-Kommutatormaschinen wird dieselbe Wirkung nach DRP 276979 von BBC durch einen die Erregerwicklung speisenden Transformator erzielt, dessen Eisen sich in der Gegend der gewünschten Betriebsspannung seiner Sättigung nähert.

Das DRP 268209 erreicht dasselbe Ergebnis durch Einschaltung hocherhitzter Eisenwiderstände (Variatorwiderstände) in den Erregerstromkreis. Im Gegensatz zu den beiden vorhergehenden Lösungen wird also hier nicht eine magnetische, sondern eine elektrische Sättigung des Erregerstromkreises angestrebt.

Regelung der Geschwindigkeit. Die Regelung der Drehzahl von Kranmotoren beim Lastsenken behandelt eine Arbeit von E. Luft[2]) über „eine neue Senkschaltung für Gleichstrom-Hauptstrommotoren". Es werden zunächst die Nachteile der bekannten Senkschaltungen geschildert und dann eine neue, von H. Moeller herrührende Schaltung beschrieben, die in Abb. 4 dargestellt ist. Wie ersichtlich, werden Anker *A* und Feldwicklung *F* unter Vorschaltung je eines regelbaren Widerstandes parallel an das Netz gelegt und ein besonderer Bremswiderstand in Reihe zu Anker und Feld geschaltet. In der Arbeit wird gezeigt, daß die neue Schaltung wesentliche Vorteile, besonders in bezug auf Stromersparnis, bietet.

An den Aufsatz schließt sich ein Meinungsaustausch zwischen dem Verfasser und Chr. Ritz[3]), in dem weitere Vergleiche der neuen Schaltung mit bekannten Schaltungen gezogen werden.

Die Regelung der Geschwindigkeit von Bahnmotoren durch Feldschwächung mittels parallel zu den Magnetspulen geschalteter Widerstände behandelt ein Aufsatz von L. Adler[4]). Bei der bisher üblichen Verwendung gewöhnlicher induktionsfreier Widerstände ergibt sich der Nachteil, daß bei kurzzeitigen Stromunterbrechungen (Abhüpfen des Stromabnehmers) ein momentanes starkes Anwachsen des Ankerstroms stattfindet, da wegen der Selbstinduktion der Magnetwicklung der Strom beim Wiedereinschalten zunächst über den parallel geschalteten Widerstand fließt, so daß der Motor kurzzeitig ohne Erregung ist. Zur Abhilfe dieser Schwierigkeit empfiehlt Adler induktive Feldschwächungswiderstände. Der Aufsatz enthält Abbildungen ausgeführter induktiver Widerstände, wie sie von der AEG hergestellt werden.

Regelung des Leistungsfaktors. Die zweckmäßige Ausnutzung eines synchronen Motorgenerators zur Verbesserung des Leistungsfaktors wird von Frank C. Taylor[5]) beschrieben; es handelt sich um einen Umformer für 145 kW, der im wesentlichen nur nachts zur Ladung von Automobilbatterien verwendet wird, am Tage aber fast leer läuft. Es wird nun durch einen selbsttätigen Zeitschalter die Erregung des Synchronmotors in der Zeit von 6 h morgens bis 10 h abends derart verstärkt, daß der Motor als Phasenschieber arbeitet und den Leistungsfaktor des Netzes von 0,7 auf 0,93 verbessert.

Abb. 4. Senkschaltung für Gleichstrom-Hauptstrommotoren.

A Ankerfeld,
R_{AV} Anker-Umschaltwiderstand,
R_{FV} Feld-Vorschaltwiderstand,
R_{BV} Bremswiderstand.

Parallelbetrieb.

Das Verhalten von Kraftmaschinen im mechanischen oder elektrischen Parallelbetrieb behandelt ein Aufsatz von Otto Ohnesorge[6]). Der Verfasser empfiehlt, die durch Resonanz beim Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen gelegentlich auftretenden Schwierigkeiten dadurch zu beseitigen, daß zwischen Kraftmaschine und Stromerzeuger ein Gesperre eingeschaltet wird, das nur in einer Richtung Kraft überträgt. Voraussetzung für die Wirksamkeit der Einrichtung ist, daß das Schwungmoment des Stromerzeugers gering ist gegenüber dem Schwungrad der Kraftmaschine. Im Zusammenhang mit dem eigentlichen Vorschlag des Verfassers werden noch weitere mechanische Vorrichtungen, die zur Beseitigung von Resonanzschwierigkeiten dienen sollen, besprochen. Von diesen sei besonders das vom Berichter herrührende Patent Nr. 209284 erwähnt, wonach eine besondere, kleinere Schwungmasse federnd mit dem Stromerzeuger gekuppelt und so abgestimmt wird, daß sie auf die störenden Schwingungen anspricht. Die Einrichtung beruht auf demselben Prinzip wie der Frahmsche Schlingertank.

An den Aufsatz schließt sich ein Meinungsaustausch von Kutzbach, Schüler und Stockmeyer[7]), der sich besonders auf die Wirksamkeit und Priorität der letzterwähnten Vorrichtung erstreckt.

Eine Vorrichtung zum Anzeigen der richtigen Bedingungen für das Parallelschalten von Wechselstrommaschinen ist der Firma H & B geschützt worden[8]). Das Instrument besteht aus einem Phasenmesser und einem Frequenzmesser, deren bewegliche Spulen auf einer gemeinsamen Achse angebracht sind. Die Schaltung erfolgt in eigenartiger Weise derart, daß die Instrumente zwischen den beiden parallel zu schaltenden Maschinen liegen. Der Nullpunkt der Skala liegt in der Mitte; der Ausschlag des Zeigers nach rechts oder links zeigt zu schnelles oder zu langsames Arbeiten der zuzuschaltenden Wechselstrommaschine

an. Nur bei Übereinstimmung von Frequenz und Phase beider Maschinen bleibt der Zeiger auf dem Nullpunkt der Skala stehen.

In einer Arbeit von Joh. Görner[9]) wird die Wirkungsweise der bekannten Lampenrose, die zur Erkennung des synchronen und konphasen Ganges von Wechselstrommaschinen allgemein benutzt wird, eingehend betrachtet und darauf hingewiesen, daß beträchtliche Fehler bezüglich der Phasenübereinstimmung beim Parallelschalten entstehen können, wenn die drei Lampen der Lampenrose ungleiche Widerstände besitzen. Auch die Parallelschaltung eines Spannungsmessers zu einer der drei Lampen kann zu solchen Maßfehlern Anlaß geben. Zur Abhilfe wird die Parallelschaltung entsprechender Ausgleichwiderstände zu den übrigen Lampen der Lampenrose empfohlen.

[1]) Helios Fachz. 1916, S 31. — [2]) E. Luft, ETZ 1916, S 259. — [3]) Chr. Ritz, ETZ 1916, S 450, 491. — [4]) Leonh. Adler, ETZ 1916, S 652. — [5]) Frank C. Taylor, El. World Bd 67, S 600. — [6]) Otto Ohnesorge, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 447. — [7]) Kutzbach, Schüler, Stockmeyer, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 703, 845, 911. — [8]) DRP Nr 292075, Helios Exportz. 1916, S 1007. — [9]) Joh. Görner, Helios Fachz. 1916, S 265.

Anlaßapparate, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Anlasser. C. D. Knight[1]) bringt in einem Aufsatz Einzelheiten über Widerstände, hauptsächlich in Band- und Gußeisenausführung, und daran anschließend eine übersichtliche Zusammenstellung der gebräuchlichsten Schützenselbstanlasser für Gleich- und Wechselstrom nebst Schaltungsschemata. Er teilt sie ein in Steuerungen, die von der steigenden Ankerspannung oder vom Strom oder von einer Zeitdämpfung betätigt werden.

R. Boye[2]) beleuchtet die Gesichtspunkte für die Wahl von Kontrollern, Selbstanlassern, Flachbahn- und Schützenanlassern, erläutert sie an Hand eines Schaubildes und bringt Tabellen über die bei verschiedenen Betrieben vorkommende Schalthäufigkeit und Belastung. In gleicher Weise unterzieht Th. Hoock[3]) in El. Masch.-Bau die zu Anlassern gehörenden Widerstände einer eingehenden Betrachtung auf ihre Belastungsfähigkeit, je nach Art des Betriebes und der Schalthäufigkeit. Tabellen über Erwärmung und Abkühlung verschiedener Gußeisenwiderstände sind beigefügt.

Eine Zusammenstellung der verschiedensten, darunter auch wenig oder gar nicht in die Praxis eingeführten Anlaß- und Regelwiderstände findet sich im El. Anz.[4]). Quecksilberregler, induktionsfreie Schiebewiderstände, Widerstände mit negativen Temperaturkoeffizienten, aus Bor in Glühlampenform, durch Druck veränderliche Kohlenwiderstände, Nichtleiter mit pulverförmigen Leitern vermischt sind beschrieben. Zum Schluß sind auch noch die bekannten Flüssigkeitanlasser mit feststehenden Elektroden und gehobener Flüssigkeit der AEG, SSW und BBC erwähnt. Über einen Anlasser gleicher Bauart berichtet A. J. Hall[5]). Er dient zur Steuerung der mit zwei Drehstrommotoren ausgerüsteten Lokomotiven der Norfolk and Western Co. Der Schaltung entsprechend befinden sich beide Elektrodensätze in einem gemeinsamen Gehäuse vereinigt. Die Veränderung des Flüssigkeitsspiegels geschieht durch Heben oder Senken eines zentrischen Überlaufrohres; die Flüssigkeit wird durch Verdampfen rückgekühlt. Die Ausführung ist gut durchdacht.

Gleichfalls durch die Ausführung beachtenswert ist ein Hubkontroller der British Westinghouse Co.[6]) für Verladekräne mit zwei Hubwerken, die zum Verladen langer Gegenstände, z. B. Geschützen, dienen. Dazu ist erforderlich, daß jeder Motor sowohl für sich, als auch beide gemeinsam mit gleicher Geschwindigkeit gesteuert werden können. Zu diesem Zweck sind drei Walzen vorgesehen, die untereinander verriegelt sind. Von diesen dienen die beiden

äußeren dazu, jeden Motor einzeln zu steuern, während die mittlere beide Motoren gleichzeitig anläßt. Erwähnt seien auch noch verschiedene Anlaßschränke, die R. Boye[7]) beschreibt.

Berechnung von Anlaß- und Regelwiderständen. Eine umfassende Arbeit über die Abstufung von Widerständen für alle Motoren, Gleichstrom sowohl als Drehstrom, bringt C. C. Garrard[8]), in der auch die Abstufung von Anlaßtransformatoren berücksichtigt ist. In einer daran anschließenden Erwiderung weist T. Erens[9]) nach, daß die Berechnung der Anlaßstufen für Hauptstrommotoren ungenau ist und zieht eine Arbeit von sich, veröffentlicht in der ETZ 1899, darüber an.

Widerstandsmaterial. Als Ersatz für die Nickellegierungen bringt die Firma Schniewind[10]) ein neues Material „Nilekin" auf den Markt, das Temperaturen von 300° aushält; der spez. Widerstand beträgt 50 $\mu\Omega$/cm³, der Temperaturkoeffizient 0,0009.

[1]) C. D. Knight, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2915. — [2]) R. Boye, El. Anz. 1916, S 723, 724. — [3]) Th. Hoock, El. Masch.-Bau 1916, S 489, 501. — [4]) El. Anz. 1916, S 43, 55, 70, 243, 265, 271, 283, 304. — [5]) A. J. Hall, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 153. — [6]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 871. — [7]) R. Boye, Helios Exportz. 1916, S 581. — [8]) [9]) C. C. Garrard (T. Erens), Electr. (Ldn.) Bd 76, S 772, 837, 873; Bd 77, S 57. — [10]) ETZ 1916, S 224.

III. Verteilung und Leitung.

Verteilungssysteme und deren Regelung. Berechnung der Netze und der Leitungen, elektrische und mechanische Messungen an Leitungen. Von Oberingenieur Dr. Paul Cohn, Berlin. — Beschaffenheit und Herstellung der Leitungsdrähte und Kabel; Isolierstoffe. Von Dr. Richard Apt, Berlin. — Ausführung der Leitungen, Stromsicherungen, Installationsmaterial, Schaltanlagen und Schalter. Von Oberingenieur Karl Hansen Bay, Berlin. — Überspannung, Störungen, Gefahren, Spannungssicherungen, Korona. Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen, Darmstadt.

Verteilungssysteme und deren Regelung, Berechnung der Netze und der Leitungen, elektrische und mechanische Messungen an Leitungen.

Von Oberingenieur Dr. Paul Cohn.

Leitungsnetze und ihre Schutzvorrichtungen. Die Bestimmung der wirtschaftlichen Spannung und der wirtschaftlichen Querschnitte von Hochspannungsspeisekabeln unter gewissen zahlenmäßig gegebenen Annahmen bildet den Gegenstand eines Aufsatzes von Beard[1]). Die Ausbildung des Netzes als Ringnetz mit Anwendung des Differentialschutzsystems ergibt nach seinen weiteren Vergleichsrechnungen wesentliche Ersparnisse gegenüber einer Speisung der einzelnen Unterstationen durch Doppelkabel auch dann, wenn letztere für je zwei hintereinander liegende Unterstationen teilweise vereinigt werden. Es wird über sehr günstige Betriebserfahrungen mit dem Differentialschutzsystem in dem ca. 850 km umfassenden Kabelnetz von Newcastle und Umgegend berichtet. Auch Macleod[2]) empfiehlt die Einbeziehung aller wichtigen neu hinzukommenden Abzweige in das mit Differentialschutz auszurüstende Ringnetz. Wo dies zu teuer, soll man zur Versorgung von neuen entfernteren Anschlüssen möglichst in einem Schalthaus, allenfalls auch mittels eines mit Trennstücken versehenen unterirdischen Abzweigkastens von der Hauptringleitung abzweigen, aber von vornherein neben dem Abzweigkabel Hilfskabel mitverlegen, damit bei später anwachsender Leistung zur Erhöhung der Betriebssicherheit ein Ring gebildet werden kann. Auf die Verhältnisse in nordamerikanischen Mittelstädten beziehen sich Betrachtungen von Newton[3]) über die bei Einrichtung von

Kabelnetzen an Stelle der dort bisher noch die Regel bildenden Freileitungen zu beachtenden Gesichtspunkte. Hoge und Perry[4]) geben an dem Beispiel der Stadt Seattle Richtlinien für den Ausbau eines Hoch- und Niederspannungsnetzes, das die in Zukunft zu erwartende allgemeine Einführung elektrischen Kochens, elektrischer Heizung und elektrischer Warmwasserversorgung berücksichtigt. Für elektrische Heizung allein ist der Höchstbedarf etwa das 18fache desjenigen für Beleuchtung allein, für Kochen und Warmwasser das Doppelte des Lichtbedarfs.

Bei Kurzschlüssen in Kraftwerken und Leitungen kann bis zum Auslösen der Ölschalter, wenn eine Anzahl derselben hintereinander geschaltet sind, eine Zeitdauer bis zu 10 s auftreten. Binder[5]) untersucht die hierbei in den einzelnen Teilen der Anlage mögliche Erwärmung, sowohl bei Kupfer als auch bei Ersatzmaterialien (Aluminium, Zink, Eisen). Dieselben Fragen bilden den Ausgangspunkt einer zusammenfassenden Darstellung von Heusser[6]) über Relais zum Schutz elektrischer Anlagen und die an sie zu stellenden Anforderungen. Ausschaltung des Kurzschlusses ist im allgemeinen erst nach Eintreten des Beharrungszustandes notwendig und daher zur Schonung der Schalter erwünscht. Relais mit einer vom Strom unabhängigen (definitiv) Zeiteinstellung sollen auf einen Zeitunterschied von je 0,6 bis 0,7 s eingestellt werden können, wovon auf die Schaltdauer $^1/_6$ bis $^1/_4$ s, auf die Zwischenzeit 0,4 s entfallen; selbst bei Hintereinanderschaltung von 3 bis 4 Relais schaltet das letzte dann in etwa 2,5 s aus, was in der Regel mit Rücksicht auf Erwärmung zulässig ist. Für Rückflußrelais an Endpunkten paralleler Leitungen werden einige Neukonstruktionen von Oerlikon und Westinghouse beschrieben. Auch Ringleitungen einfacher Form können statt durch Differentialrelais durch zweckmäßig eingestellte unabhängige Zeitrelais und Rückflußrelais geschützt werden. Für Verbrauchstromkreise werden momentan wirkende oder vom Strom abhängige (Invert-) Zeitrelais empfohlen. Generatoren, Transformatoren und Leitungen sollen nicht bei Überlastung, sondern durch Relais, die bei Auftreten eines Fehlers in Wirkung treten, ausgelöst werden; daneben sollen bei Überlastung Höchststrom- oder Temperaturrelais ein Alarmsignal betätigen. Kübler[7]) empfiehlt gleichfalls für Transformatoren, die sich niederspannungsseitig durch Schmelzsicherungen nicht sicher gegen Überlastung schützen lassen, Temperatursicherungen. Für Schaltstationen ohne Wartung ist die selbsttätige Wiedereinschaltung ausgelöster Schalter nach Patent Bolliger am Platze. An anderer Stelle berichtet Kübler[8]) über Erfahrungen beim Bau und Betrieb elektrischer Kraftfernleitungen; er hebt darin u. a. die hohe Betriebssicherheit von Freileitungen für besonders hohe Spannungen hervor und bespricht die wegen einiger auf Montagefehler zurückzuführenden ungünstigen Erfahrungen nicht genügend anerkannten Vorzüge von Aluminium gegenüber Kupfer als Freileitungsmaterial. Für Ausläufer geringer Leistung wird auch nach dem Kriege Eisen Verwendung finden. Technische Fragen über den Ausbau und den Betrieb eines von einer Anzahl Großkraftwerken gespeisten, ganz Deutschland überziehenden 100000-V-Netzes werden nebenbei in dem überwiegend wirtschaftlichen Fragen gewidmeten Vortrag von Klingenberg[9]) berührt.

Messungen in Kabelnetzen. Die Prüfung von Hochspannungskabeln mittels des Delonschen Gleichrichters und ihre Vorzüge vor der üblichen Prüfung mit Wechselstrom erörtert Record[10]). Seine Behauptungen über Gefährdung des Kabels infolge Ermüdung des Dielektrikums schon bei Annäherung an die Durchschlagspannung bei Prüfung mit Wechselstrom werden in der Diskussion lebhaft bestritten. In derselben wird zur rechtzeitigen Fehleranzeige vor Eintritt einer Betriebsstörung der Vorschlag von Beaver empfohlen, das Kabel unter dem Bleimantel mit einem von diesem schwach isolierten dünnen Metallband zu versehen, dessen Isolation bei Beschädigung des Bleimantels fortfällt. Ein einfaches Verfahren zur Fehlerortsbestimmung in Kabeln gibt Heinzelmann[11]) unter Benutzung von zwei Hilfsleitungen, deren Längen und Querschnitte nicht bekannt zu sein brauchen. Ankersen[12]) berichtet über Erfah-

rungen vom Bau und Betrieb des Nürnberger Straßennetzes und über die auf deren Grund ausgebildeten Verfahren zur frühzeitigen Kenntlichmachung und Meldung im Entstehen befindlicher Fehler, z. B. schlechter Kontakte. Die Erwärmung unterirdisch nach amerikanischer Praxis in Rohrkanälen verlegter Kabel unter Benutzung der älteren deutschen Arbeiten von Teichmüller und Mie untersucht Powell[13]).

Berechnung der Leitungen. Eine systematische, von Teichmüller[14]) angestellte Untersuchung der bei Leitungsberechnungen in Frage kommenden Grundgrößen fordert eine reinliche Scheidung zwischen relativem Spannungsabfall, relativer Spannungsschwankung, relativem Leistungsverlust und relativer Leistungsschwankung; die letztere wird als wichtigste Grundgröße erkannt. Opacki[15]) gibt in Tabellen und in graphischen Darstellungen Projektierungsbehelfe zur Ermittelung des Spannungsabfalles bei verschiedenen Stromstärken und Abständen der Stromverbraucher; für Wechselstrom ist, wie Teichmüller[16]) in Anlehnung an seinen Aufsatz hervorhebt, diese Darstellung nicht ganz zutreffend. Eine sehr übersichtliche und für die Bedürfnisse des Praktikers gut brauchbare Darstellung der Spannungsverhältnisse bei Drehstromkraftübertragung mittels Hochspannungsfreileitungen gibt Bryn[17]) unter der in der Regel zulässigen Annahme, daß die Kapazität nicht gleichmäßig verteilt, sondern in einem Punkte konzentriert ist. Aus den wiedergegebenen Schaubildern, deren Anzahl noch auf einige weitere Querschnitte und Spannungen, sowie auf Aluminium auszudehnen wäre, ergeben sich ohne weiteres die für gegebene Übertragungsverhältnisse in Frage kommenden Kupferquerschnitte und Spannungen. Guttsmann[18]) berichtet über Messungen von del Buono an der 184,5 km langen 80000-V-Leitung von Pescara nach Neapel, denen genaue Rechnungsmethoden unter Berücksichtigung gleichmäßiger Verteilung von Kapazität und Ableitung vorausgeschickt sind; Messung und Rechnung ergeben sehr gute Übereinstimmung. Behrend[19]) gibt Formeln für die Ableitungs- und Ladeströme bei Drehstromfreileitungen bei normalen Isolationsverhältnissen und beim Auftreten von Isolationsfehlern und berücksichtigt hierbei auch die Änderung der Kapazität für den Fall, daß die Leitung mit einem Schutzseil ausgerüstet ist.

Ein einfaches, teilweise graphisches Verfahren zur Bestimmung des Durchhanges und der Beanspruchung von Freileitungen bei gegebenem Höchstwert der Beanspruchung entwickelt Wächter[20]); es ist besonders für Verlegung von Freileitungen in Gegenden von Wert, wo die den Normalien für Freileitungen des VDE zugrunde liegenden Voraussetzungen über die vorkommenden Temperaturgrenzen, über Winddruck und Eisbelastung nicht mehr zutreffen, sowie bei Verwendung anderer Leitungsmaterialien, als Cu und Al, für die diese Normalien noch keine ausgerechneten Tabellen enthalten. Schenkel[21]) gibt ein einfaches Verfahren, um bei bergigem Gelände unter Verwendung möglichst weniger Masttypen die zulässigen Spannweiten und günstigsten Standorte der Maste direkt aus dem Streckenprofil zu bestimmen. Holmgren[22]) weist auf die Gefahr des Zusammenschlagens nebeneinander liegender Leitungen in Fällen hin, in denen die Zunahme des seitlichen Ausschlages durch Wind auf die eisbelastete Leitung zu berücksichtigen ist, sowie auf die Möglichkeit der Berührung übereinanderliegender Leitungen bei ungleicher Eisbelastung, namentlich im Falle der Verwendung von Hängeisolatoren, die dann in der Leitungsrichtung nachgeben. Zum Schutz gegen hierdurch hervorgerufene Betriebsstörungen wird in der Trollhättan-Anlage bei Eislast eine von zwei Parallelleitungen außer Betrieb genommen und durch Stromwärme das Eis zum Schmelzen gebracht.

Messungen an Isolatoren. Nach Flaherty[23]) kann man an einer im Betriebe befindlichen Hochspannungsleitung mit Holzmasten eine Prüfung der Isolatoren mittels eines Mikrophons vornehmen, dessen eine Zuleitung in einer passenden Höhe an dem Mast, dessen andere an Erde angelegt wird, so daß ein Teil des infolge der Kapazität und des Ableitungswiderstandes der Isolatoren zur Erde gehenden Stromes durch das Mikrophon geht. Ein infolge eines

Isolatorfehlers erhöhter Ableitungsstrom macht sich durch ein verstärktes Geräusch bemerkbar; der fehlerhafte Isolator kann, bevor er zu einer Betriebsstörung Anlaß gibt, ausgewechselt werden. Die nach diesem Verfahren in einer amerikanischen Anlage seit mehreren Jahren vorgenommenen regelmäßigen Absuchungen haben zu einer fast gänzlichen Beseitigung der früher häufigen Störungen infolge von Isolatordefekten geführt. Peaslee[24]) findet bei mikroskopischer Untersuchung von Isolatoren, die immer wiederholten kurzzeitigen Stoßüberspannungen bis zum Durchschlag ausgesetzt gewesen sind, daß sich in ihnen an den Stellen größter Spannungsgradienten zahlreiche feine Röhren von geschmolzenem Porzellan gebildet haben, die schließlich die Durchschlagsfestigkeit auch bei normaler Frequenz herabsetzen, und leitet daraus Forderungen für die richtige Bemessung und Formgebung der Isolatoren ab. Petersen[25]) bestimmt die Spannungsverteilung an Hängeisolatoren durch Messung des der Teilspannung proportionalen Ladestromes zwischen Kappe und Klöppel der einzelnen Glieder, indem er in letzteren ein als Strommesser ausgebildetes Elektrometer einbaut. Die bei gleichen Gliedern infolge der Kapazität gegen Erde mit der Anzahl der Glieder mehr und mehr in Erscheinung tretende Ungleichheit der Spannungsverteilung wird durch Verwendung schon von zwei Typen mit abgestufter Kapazität wesentlich verringert. Das gleiche läßt sich nach amerikanischen Vorschlägen durch Körbe, Bügel o. dgl., die mit der Leitung verbunden sind und die unteren Glieder teilweise umgeben, erreichen.

[1]) J. R. Beard, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 375, 420. — [2]) D. M. Macleod, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 116. — [3]) G. J. Newton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1193. — [4]) C. H. Hoge u. E. R. Perry, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1273. — [5]) L. Binder, ETZ 1916, S 589, 606. — [6]) Heusser, Bull. Schweiz. EV 1916, S 33. — El. Kraftbetr. 1916, S 181, 189. — [7]) Kübler, El. Masch.-Bau 1916, S 173, 185. — [8]) W. Kübler, El. Kraftbetr. 1916, S 85, 109. — [9]) Klingenberg, ETZ 1916, S 297, 314, 328, 343. — [10]) O. L. Record, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 661, 698. — [11]) H. Heinzelmann, ETZ 1916, S 514. — [12]) Ankersen, Das Elektrizitätswerk 1916, S 153, 165. — [13]) R. C. Powell, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1281. — [14]) J. Teichmüller, ETZ 1916, S 397, 411. — [15]) J. Opacki, El. Masch.-Bau 1916, S 353, 371. — [16]) J. Teichmüller und J. Opacki, El. Masch.-Bau 1916, S 639. — [17]) Th. Bryn, ETZ 1916, S 437. — [18]) W. Guttsmann, ETZ 1916, S 51. — [19]) H. Behrend, ETZ 1916, S 114. — [20]) S. Wächter, ETZ 1916, S 429. — [21]) H. Schenkel, ETZ 1916, S 465. — [22]) Holmgren, El. World Bd 66, S 1372. — El. Masch.-Bau 1916, S 254. — [23]) B. G. Flaherty, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1221. — [24]) W. D. Peaslee, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1237. — [25]) W. Petersen, ETZ 1916, S 1, 19.

Leitungsdrähte, Kabel, Isolierstoffe.

Von Dr. Richard Apt.

Freileitungen. Im Bau von Freileitungen hat man sich weiter mit der Herstellung von Leitungsanlagen aus Ersatzmaterial zu beschäftigen gehabt. Sog. Verbundseile, aus einer Kombination von Eisen und Zink[1]) bestehend, sind vielfach verwendet worden, daneben auch mit guten Erfolgen Stahl-Aluminiumseile, letztere besonders für Weitspannleitungen.

Wahn[2]) zeigt, daß das gesamte Kupfer der Fahr- und Speiseleitungen elektrischer Bahnen durch Eisen ersetzt werden kann, ohne Verstärkung des Gestänges oder dritte Schiene, wenn zusätzliche Maschinengruppen verwendet werden. Auch in amerikanischen Elektrizitätswerken sind vielfach mit Rücksicht auf die hohen Kupferpreise Freileitungen aus Eisen ausgeführt worden[3]), ohne daß sich irgendwelche Schwierigkeiten ergeben haben, so daß man wohl mit Sicherheit annehmen kann, daß auch nach Rückkehr normaler Verhältnisse Eisen entweder für sich allein oder in Kombination mit Zink und Aluminium in vielen Fällen an die Stelle des Kupfers treten wird[4]). In einer zusammen-

fassenden Übersicht von Pudor[5]) über den Kupferhaushalt der Welt wird auf die überragende Bedeutung Amerikas in Kupfererzgewinnung und Raffination hingewiesen; um so mehr wird die deutsche Aluminiumproduktion Förderung erfahren und auf vielen Gebieten des Leitungsbaues, wo Eisen nicht anwendbar ist, das Kupfer verdrängen. Über umfassende Erfahrungen mit Aluminiumleitungen und über die bei der Verlegung anzuwendenden Maßnahmen wird von Wyßling[6]) berichtet.

Kabel. Als Ersatzmaterial für Starkstromkabel hat das Zink nach wie vor eine hervorragende Rolle gespielt. Lichtenstein[7]) weist nach, daß auch bei Kurzschlüssen die Gefährdung der Zinkkabel nicht größer ist als die von Kupferkabeln. Die mechanischen Beanspruchungen durch Kurzschlußströme bei Mehrfachkabeln werden sogar geringer. Auch eine schädliche Beeinflussung des Zinks durch die beim Kurzschluß auftretenden Erwärmungen war nicht festzustellen. Von anderer Seite[8]) sind zweckmäßige Hinweise auf die bei der Verlegung von Zinkkabeln zu beachtenden Vorsichtsmaßregeln gegeben worden. Schweißstellen sind zu vermeiden. Nach Möglichkeit soll die Verbindung der Adern in den Muffen durch zweckmäßig konstruierte Klemmen erfolgen. Bei einem Preisvergleiche mit Kupferkabeln werden sich Zinkkabel selbstverständlich teurer stellen mit Rücksicht auf die durch die Querschnittsvergrößerung vermehrte Aufwendung an Isoliermaterial und Blei.

Als ein höchst bemerkenswertes Ergebnis deutscher Kabeltechnik[9]) muß die Verlegung eines 5,4 km langen Hochspannungs-Seekabels von Dänemark nach Schweden bezeichnet werden, das die Anlagen der Nordseeländischen Elektrizitäts- und Straßenbahn-Gesellschaft in Hellerup bei Kopenhagen mit der Kraftzentrale der Südschwedischen Kraft-Aktiengesellschaft in Malmö verbindet. Das dreifach verseilte Kabel von 70 mm^2 Querschnitt und 25000 V Betriebsspannung durchquert den Sund. Besonders schwierig war die Ausbildung der Verbindungsmuffen, deren Zweckmäßigkeit sich jedoch durch den tadellos sicheren Betrieb erwies. Messungen an Hochspannungskabeln in Leerlauf- und Kurzschlußversuchen führte Kummer[10]) aus mit dem Ergebnis, daß man die charakteristischen Konstanten eines Kabels bestimmen könne, wenn man entweder nur Leerlaufmessungen oder nur Kurzschlußmessungen an verschiedenen Längen der zu untersuchenden Leitungen anstellt.

Isolierte Leitungen. Dem radikalen Vorschlage[11]), für Installationszwecke blanken Eisendraht in Isolierrohre einzuziehen, ist mit Recht vom Verbande Deutscher Elektrotechniker entgegengetreten worden. Dagegen verficht Teichmüller[12]) die Verwendung von gummiisolierten Eisenleitungen für kleinere Hausinstallationen entgegen dem vom VDE gefaßten Beschlusse. Über Untersuchungen an Manteldrähten mit Eisenleitern berichtet Peukert[13]). Er untersucht den Einfluß des Metallmantels auf Spannung und Energieverbrauch bei Belastung mit Gleichstrom und Wechselstrom. Im übrigen ist nach wie vor die sog. KGZ-Leitung das hauptsächlichst angewendete Installationsmaterial geblieben. An Stelle der Baumwollbeklöpplung mußte eine Umflechtung aus Papiergarn[14]) treten, und auch diese wurde später noch bei der sog. KGZB-Leitung durch eine mittels Fadenbindung gehaltene spiralförmige Papierumwicklung ersetzt.

Isolierstoffe. Einige neue Isolierstoffe werden in einer Mitteilung von Brown, Boveri & Co.[15]) erwähnt. Hervorzuheben sind Bikarta, Bituba, Bikarton, Biasbeston, Baktura, ein dem Tenacit ähnliches Material, im wesentlichen aus Holzmehl oder Asbestflocken mit Bakelit gemischt. Cellon[16]) hat sich auch weiterhin als ein für gewisse Zwecke brauchbarer Isolierstoff erwiesen, ebenso ist Faturan[17]) erwähnenswert, das Fabrikat der Firma Dr. Heinrich Traun & Söhne, Hamburg, ein dem Bakelit ähnliches Kondensationsprodukt aus Phenol und Formaldehyd. Curtis[18]) hat eine Reihe von Messungen des spezifischen Widerstandes und des Oberflächenwiderstandes von festen Isolatoren ausgeführt. Schüler[19]) berichtet über Wärmebeständigkeit von Baumwolle und Papier aus Versuchen, die im Auftrage des Elektrotechnischen Vereins durch das

Materialprüfungsamt zu Lichterfelde ausgeführt wurden. Diese Versuche hatten besondere Wichtigkeit in Rücksicht auf die Temperaturgrenzen in den Maschinennormalien. Baumwolle und Papier wurden längere Zeit Temperaturen von 90 bis 120° sowohl in Luft als auch unter Öl ausgesetzt und die beobachtete Abnahme der Zerreißfestigkeit gemessen.

[1]) ETZ 1916, S 562, 612. — [2]) Wahn, ETZ 1916, S 298. — [3]) El. World Bd 67, S 820. — [4]) H. B. Dwight, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1259. — [5]) Pudor, ETZ 1916, S 499. — [6]) Wyßling, Bull. Schweiz. EV 1916, S 121, 155. — [7]) L. Lichtenstein, ETZ 1916, S 4, 261. — [8]) El. Anz. 1916, S 69. — [9]) ETZ 1916. S 170. — [10]) Kummer, Bull. Schweiz. EV 1916, S 65. — [11]) ETZ 1916, S 408. — [12]) Teichmüller, ETZ 1916, S 207. — [13]) Peukert, ETZ 1916, S 101. — [14]) ETZ 1916, S 687. — [15]) BBC, ETZ 1916, S 292. — [16]) M. Bottler, El. Masch.-Bau 1916, S 242. — [17]) ETZ 1916, S 518. — [18]) Curtis, ETZ 1916, S 469. — [19]) Schüler, ETZ 1916, S 535.

Ausführung der Leitungen, Stromsicherungen, Installationsmaterial, Schaltanlagen und Schalter.

Von Oberingenieur Karl Hansen Bay.

Ausführung der Leitungen. Mit geringen Ausnahmen sind im Jahre 1916 alle Neuanlagen in Deutschland mit Eisen- oder Aluminiumleitungen ausgeführt worden. Nur vereinzelt wurden Kupferleitungen oder Zink-Eisenleitungen verlegt. Es sind wichtige Leitungen für 100000 V mit Stahl-Aluminiumseil in Arbeit. Die Überzeugung, daß Aluminium als Leitungsmaterial, u. U. in Verbindung mit Stahl für größere Spannweiten, künftig große Bedeutung für unsere Freileitungen haben wird, dürfte immer mehr durchdringen, nachdem die Beobachtung an den in Deutschland bereits in ziemlichem Umfange verlegten Leitungen ergeben hat, daß, wenn die Verbindungsstellen sowie die Befestigung der Leitungen an den Isolatoren gut ausgeführt werden, dieses Material mit Vorteil für Freileitungen verwendet werden kann. Die in einigen Anlagen gemachten schlechten Erfahrungen sind fast ausschließlich auf Konstruktions- resp. Montagefehler zurückzuführen. Einen umfangreichen Bericht über Aluminium als Leitungsmaterial hat Wyßling[1]) veröffentlicht. Es wird in diesem Bericht auch die Frage der Berechnung der Durchhänge der Freileitungen kritisch untersucht. Die schweizerischen Vorschriften für die Durchhangsberechnungen weichen bekanntlich von denen des VDE ab. Auch in Amerika sind seit dem Jahre 1914 die Kosten für Kupfer so gestiegen (über 100%), daß offenbar in größerem Umfange Eisenleitungen als Ersatz für Kupferleitungen verwendet werden. Es wird über die mit Eisenleitungen gemachten Erfahrungen[2]) berichtet. Eine Elektrizitätsgesellschaft hat z. B. für eine 13000-V-Leitung als Leiter ein doppelt verzinktes Eisenseil verwendet, in dem eine Ader aus Kupfer besteht. Die Verbindungen wurden mit Kupferseil ausgeführt. Um die Verzinkung des Seiles nicht zu beschädigen, wurden, wie auch hier in Deutschland üblich, die Leitungen bei der Verlegung über Rollen ausgezogen. Man erwartet, daß das Seil eine Lebensdauer von mehr als 20 Jahren in dem dortigen Klima erreichen wird, da dünne Telephonleitungen aus Eisen dort mehr als 10 Jahre Lebensdauer aufweisen. Die klimatischen Verhältnisse spielen gerade bei verzinkten Eisenleitungen eine große Rolle. In vielen Industriegegenden wird der Zinküberzug durch die Rauchgase sehr stark angegriffen, sogar stärker als Aluminium. Vor der Verlegung neuer Leitungen sollte man sich hierüber genau informieren. Es ist bemerkenswert, daß man bei der beschriebenen Anlage anscheinend kein Bedenken gehabt hat, verzinkte Eisen- und Kupferdrähte miteinander zu verbinden. Unsere deutsche Praxis zeigt, daß man jedenfalls hierbei sehr vorsichtig verfahren muß. Eine andere amerikanische Gesellschaft schützt die Verbindungsstellen zwischen Eisen und Kupfer

mittels Isolierband. In Deutschland werden meist Farben- oder Lackanstriche verwendet, z. B. wird Eisenchromol hierfür empfohlen[3]). In größerem Umfange wurde bereits Cellonlack für den angegebenen Zweck verwendet. Über Verbindungen und Abzweigungen der Eisenleitungen wird im El. Anz.[4]) berichtet.

Unter Verwendung von deutschen Veröffentlichungen über die elektrischen Eigenschaften der Eisenleitungen stellt Dwight[5]) Vergleichsrechnungen zwischen Kupfer- und Eisenleitungen auf. Er weist darauf hin, daß in vielen Fällen Kupfer- und Aluminiumleitungen mit Rücksicht auf die Festigkeit und auf die Koronaverluste reichlicher bemessen werden müssen, als wirtschaftlich nötig. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, daß die Lebensdauer der verzinkten Eisenleitungen geringer ist als die der Kupferleitungen.

Mc Clelland und Bennet[6]) berichten in einer Diskussion über Leitungsbauten. Über seine Erfahrungen beim Bau und Betrieb elektrischer Kraftfernleitungen berichtet Kübler[7]). Über den Betrieb von Leitungen berichtet Kuntze[8]). Bemerkenswert sind seine Ausführungen über die Eisbelastung der Freileitungen. Ähnliche starke Eisschichten (über 10 cm Durchmesser von ihm angegeben) sind übrigens an Leitungen von 35 mm² im Thüringer Wald beobachtet worden, und zwar sind dort Eisschichten von 17 cm Durchmesser gemessen worden. Wie auch in einem Referat über eine Arbeit von Pittonel[9]) über die zweckmäßige Bestimmung der Spannweiten bei elektrischen Fernleitungen weist er darauf hin, daß die Eislast der Freileitungen unabhängig von dem Durchmesser der Leitungen ist. Holmgren[10]) verlangt in einem Aufsatz über den Schutz der Fernleitungen gegen Eisbelastung, daß in Kraftwerken Vorkehrungen getroffen werden, um das Eis so schnell wie möglich abzuschmelzen. Die Leitungsanlage selbst soll für die schwerste Belastung durch Eis und Wind, die in der betreffenden Gegend erfahrungsgemäß vorkommen können, und zwar bei einem genügend großen Sicherheitsfaktor gebaut werden. Dabei soll berücksichtigt werden, daß zwei Leitungen durch Kurzschluß abbrennen können. Es ist ferner zu beachten, daß die Gefahr durch Eis und Wind bei Leitungen mit Hängeisolatoren größer ist als bei solchen mit Stützisolatoren.

Wächter[11]) berichtet über die rasche Bestimmung der Durchhangsänderungen von Freileitungen. H. Schenkel[12]) berichtet über die Absteckung neuzeitlicher Hochspannungsleitungen.

Beaver[13]) und Torchio[14]) berichten über die gegenwärtige Praxis in der Herstellung, der Verlegung und der Verbindung von 33000-V-Kabeln. Über einige schwierige Fluß- und Seekabelverlegungen werden recht interessante Mitteilungen[15]) gemacht. Eine neue Kabelverbindung, geeignet für Kabel bis 25000 V, wird beschrieben[16]). Anstatt der sonst meist üblichen Bewicklung der blanken Verbindungsstellen der Adern werden hier Trennwände von besonderer Form und Hülsen zwischen resp. über die Verbindungsstelle geschoben. Die Zwischenräume werden mit Masse ausgegossen. Es ist zweifelhaft, ob es immer möglich ist, die Luft beim Füllen der Muffen ohne Evakuierung derselben herauszubringen. Die Resultate der Prüfungen mit verschiedener Füllmasse sind angeführt.

Über die Verwendung und Verlegung von Zinkkabeln wird im El. Anz. berichtet[17]), über die Konstruktion der Starkstromkabel mit Zinkleitern berichtet Lichtenstein[18]).

Isolatoren. Petersen[19]) untersucht die Spannungsverteilung an Isolatorenketten. Er gibt die verschiedenen Methoden an, wodurch es ermöglicht werden kann, daß die einzelnen Isolatoren einer Kette gleichmäßig beansprucht werden. Es sind bereits mehrere Anlagen ausgeführt worden, in denen durch Abstufung der Kapazitäten eine annähernd gleichmäßige Beanspruchung der Isolatoren erzielt wird. Die Praxis hat jedoch bisher nicht entschieden, ob die erzielten Vorteile groß genug sind, um die Nachteile, die durch die Verschiedenheit in der Ausführung der Isolatoren in der Fabrikation und

Lagerhaltung entsteht, zu überwiegen. Jedenfalls arbeiten in Deutschland 100000-V-Leitungen mit nicht abgestuften Isolatoren seit zwei Jahren zur Zufriedenheit. Leider sind noch nicht allgemein anerkannte Normaltypen geschaffen worden, obwohl dies leichter erscheint als bei den Stützisolatoren. Es wäre von großer Wichtigkeit für die Elektrotechnik, insbesondere mit Rücksicht auf die künftig voraussichtlich starke Entwicklung im Bau der Fernleitungen, wenn Normen für Hängeisolatoren geschaffen würden. Vorbedingung ist allerdings, daß die Prüfungsbedingungen festgelegt werden. Es genügt nicht, daß die Isolatoren eine gewisse Sicherheit gegen Durchschlag bei gewöhnlicher Frequenz haben; sie müssen auch Stoßbeanspruchungen mit Sicherheit vertragen können. Die schwedischen Ingenieure scheuen weder Mühe noch Kosten, um technisch vollkommene Isolatoren für ihre wichtigen Leitungen zu beschaffen. Die Amerikaner insbesondere beschäftigen sich dauernd mit der Isolatorenfrage. Vielleicht weil sie in ihren Anlagen mehr Isolatorendefekte haben als wir hier in Deutschland. Peaslee[20]) führt in seinem Berichte über Isolatorendefekte durch Überspannungen an, daß oft die Überspannungen sich zu den Betriebsspannungen addieren, so daß die Isolatoren stark beansprucht werden. Bei sehr schnell verlaufenden Überspannungen wird die Durchschlagspannung des Isolators erreicht werden können, ohne daß der Isolator vorher überschlägt. Auf Grund der vorgenommenen Versuche werden Ausführungsbedingungen angegeben. In einer Diskussion[21]) des Vortrages von Bang werden weitere Mitteilungen über Störungen an Isolatoren gemacht. Creighton weist darauf hin, daß es länger als ein Jahr gedauert hat, bevor die Störungen sich in der betreffenden Anlage zeigten. Falls die bestehenden Schwierigkeiten durch eine neue Konstruktion behoben werden, wird es also mindestens ein Jahr dauern, bevor man dies erkennt. Er scheint Isolatoren, die nicht zementiert sind, wie z. B. die Hewlett-Isolatoren, vorzuziehen. In der deutschen Praxis findet man bisher überwiegend Tellerisolatoren mit zementierten Kappen und Bolzen. Man hat diese Isolatoren deshalb bevorzugt, weil die Baulänge der Ketten kürzer, sie elektrisch besser und schneller zu montieren sind als Hewlett-Isolatoren. Seitdem aber die Montage der letzteren unter Verwendung neuer Verbinderkonstruktionen leichter als früher ausgeführt werden kann und mehrjährige Betriebserfahrungen in verschiedenen Hochspannungsanlagen günstige Resultate ergeben haben, dürften die Hewlett-Isolatoren öfter den Kappenisolatoren wegen des Fehlens jeder Kittung vorgezogen werden. Bei neueren Ausführungen sowohl von Kappenisolatoren wie auch von Stützisolatoren werden die Kittflächen vor der Zementierung mit einer Mischung von Graphit und Wasserglas bestrichen und nach der Trocknung dieser Schicht lackiert; der schädlichen Einwirkung der verschiedenen Ausdehnung von Zement und Porzellan soll hierdurch begegnet werden[22]). Erst eine mehrjährige Praxis kann über die ausreichende Wirkung dieser Maßnahmen entscheiden.

Bolliger[23]) und Spielrein[24]) berichten über die Grundlagen für die Konstruktion von Durchführungsisolatoren.

Stützpunkte. In einem Referat[25]) über Versuche mit Fundamentierungen der Leitungsmaste werden einige neue Versuchsangaben mitgeteilt. Sie beziehen sich auf Fundamente für Masten der bekannten amerikanischen sperrigen Typen, deren vier Eckwinkel jeder sein eigenes Fundament hat. Diese Mastentype hat in Deutschland sehr wenig Eingang gefunden, da sie viel mehr Bodenfläche beansprucht als die deutschen Typen mit einem einzigen größeren Fundament.

Burri[26]) berichtet über einen neuen Stangensockel aus Eisenbeton für Holzmasten, der seit über $2\frac{1}{2}$ Jahren im Handel ist. Versuche, die unter Aufsicht des schweizerischen Starkstrom-Inspektorats und des Eisenbahn-Departements in Luzern ausgeführt worden sind, ergaben günstige Resultate. Die Konstruktion hat ein gefälliges Aussehen und die Montage der Maste ist im Verhältnis zu anderen Konstruktionen als sehr einfach zu bezeichnen. Über die Holztränkung mit Quecksilber berichtet Nowotny[27]).

Stromsicherungen. Roth[28]) gibt eine Zusammenstellung moderner Schmelzsicherungen für Starkstrom und für Hochspannung, wie solche in der Schweiz verwendet werden.

Installationsmaterial. Über Eisenleitungen für Hausinstallationen berichtet Teichmüller[29]). Er weist darauf hin, daß auch bei Hausinstallationen, besonders für solche kleineren Umfanges, die jetzt viel begehrt werden, diese Leitungen sich sehr gut eignen und voraussichtlich auch nach dem Kriege verwendet werden. Über die Herstellung von Verbindungen und Abzweigungen bei Eisenleitungen, sowie solchen zwischen Eisen- und Kupferleitungen wird berichtet. Grempe[30]) berichtet über ein neues Material aus Hefe für Schalterkappen und Dosen usw., namens Erlonith. Boye[31]) berichtet über eisengekapseltes Schaltermaterial.

Schaltanlagen. Samuels[32]) berichtet über die Ausführung von Schaltanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung von Beton. In einem anderen Aufsatze[32a]) sind Angaben gemacht über die moderne Ausführung von Schaltanlagen, auch einige weitere Beschreibungen von Anlagen[32b]) enthalten beachtenswerte Angaben über die betreffenden Schaltanlagen.

Lindley Thompson[33]) berichtet über die Einrichtungen und den Schutz von Mastenstationen. Er gibt die Kosten für die Ausrüstung solcher Stationen auf Holz- oder Eisenkonstruktionen montiert an. Im Gegensatz zur deutschen Praxis, wo nur kleine Einheiten als Mastenstationen Verwendung finden, sind in Amerika auch solche für große Leistungen offenbar recht beliebt. In vielen Fällen dürften besonders günstige klimatische Verhältnisse die Anwendung begünstigen, anderseits zeigt auch Upp[34]) Aufnahmen von einer fast ganz zugeschneiten Außenschaltanlage für 130000 V. Er gibt an, daß die Apparate für den Betrieb im Freien bis zu den höchsten Betriebsspannungen betriebssicher gebaut werden können.

Ölschalter. Stern und Biermanns[35]) berichten über Ölschalterversuche. Es wird insbesondere der Einfluß der Phasenverschiebung auf die Ausschaltzeit untersucht. Auch wird der Einfluß der Zahl der Unterbrechungsstellen im Schalter studiert und ein neuer Ölschalter beschrieben, mit dem Kurzschlüsse bis zu 450000 kVA maximaler scheinbarer Drehstromleistung in einer Halbperiode sicher unterbrochen werden. Durch einen Spezialapparat wird hierbei in einfacher Weise die Schaltgeschwindigkeit registriert. Sehr ausführlich sind auch die von der Kommission für Hochspannungsapparate und Brandschutz des Schweiz. El. Vereins[36]) über die Verwendung von Vorschaltwiderständen und Reaktanzen für Ölschalter vorgenommenen Versuche beschrieben. Fleischmann[37]) berichtet über Versuche zur Bestimmung der in Ölschaltern auftretenden Drücke. Collis[38]) berichtet über Lichtbogenerscheinungen in Ölschaltern, Biermanns[39]) berichtet über die Diskussion zu der Frage der Erhöhung der Sicherheit der Schaltanlagen und Kraftwerke, sowie über die Untersuchungen an Ölschaltern.

Über Einzelheiten moderner Ölschalter berichtet Meyer[40]), über Hochspannungsschaltkästen Boye[41]). Über selbsttätige Ölschalter nach Bolliger werden nähere Mitteilungen[42]) gegeben.

Über den Ersatz des Öles in Ölschaltern berichten Vogelsang[43]) und Stern[44]). Großmann[45]) schlägt vor, das Öl durch Zusätze schwerer ver brennbar zu machen.

Über das Versagen von Ölschaltern bei Auslösung unter Kurzschluß berichten die Oberschlesischen Elektrizitätswerke[46]) und die Dr. Paul Meyer-Akt.-Ges.[47]).

[1]) Wyßling, Bull. Schweiz. EV 1916, S 121, 155. — [2]) El. World Bd 67, S 820. — [3]) El. Anz. 1916, S 471, 479. — [4]) El. Anz. 1916, S 29. — [5]) H. B. Dwight, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1259. — [6]) R. J. Mc Clelland u. Ralph Bennet, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 3117 (siehe JB 1915, S 26). — [7]) W. Kübler, El. Kraftbetr. 1916, S 85, 109. — [8]) F. Kuntze, El. Kraftbetr. 1916, S 97. — [9]) A. Pittonel, El. Masch.-Bau 1916, S 616. — [10]) T. Holmgren, El. World

Bd 66, S 1372. — [11]) S. Wächter, ETZ 1916, S 429. — [12]) H. Schenkel, ETZ 1916, S 465, 546. — [13]) C. Beaver, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 389. — [14]) P. Torchio, El. World Bd 67, S 873. — [15]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 362. — [16]) El. World Bd 67, S 558. — [17]) El. Anz. 1916, S 69. — [18]) Leon Lichtenstein, ETZ 1916, S 261. — [19]) W. Petersen, ETZ 1916, S 1, 19. — [20]) W. D. Peaslee, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1237. — [21]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 3117, 3120 (s. JB 1915, S 66). — [22]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 201 (Bericht s. ETZ 1916, S 199). — [23]) A. Bolliger, Arch. El. Bd 4, S 354. — [24]) J. Spielrein, Arch. El. Bd 5, S 140. — [25]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 3117. — [26]) A. Burri, Bull. Schweiz. EV 1916, S 49. — [27]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau 1916, S 461. — [28]) G. Roth, Bull. Schweiz. EV 1916, S 193. — [29]) J. Teichmüller, ETZ 1916, S 207. — [30]) P. M. Grempe, El. Anz. 1916, S 501. — [31]) R. Boye, Helios Exportz. 1916, S 649, 669. — [32]) M. M. Samuels, El. World Bd 67, S 142. — [32a]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 396. — [32b]) ETZ 1916, S 5 (s. JB 1915, S 68). — A. A. Brandt, ETZ 1916, S 57. — [33]) J. L. Thompson u. S. A. Stigant, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 665. — [34]) J. W. Upp, Gen. El. Rev. 1916, S 986. — [35]) G. Stern u. J. Biermanns, ETZ 1916, S 617, 635. — [36]) Br. Bauer, Bull. Schweiz. EV 1916, S 85. — Mitt. Ver. EW 1916, S 13. — [37]) L. Fleischmann, Arch. El. Bd 4, S 86. — [38]) Collis, Proc. Am. Inst. El. Eng. Bd 34, S 2081. — [39]) J. Biermanns, ETZ 1916, S 120, 184. — [40]) Meyer, ETZ 1916, S 105. — [41]) R. Boye, Helios Exportz. 1916, S 865. — [42]) Helios Exportz. 1916, S 689. — [43]) M. Vogelsang, ETZ 1916, S 153. — [44]) G. Stern, ETZ 1916, S 288. — [45]) Großmann, Bull. Schweiz. EV 1916, S 356. — [46]) Schles. El.- u. Gas-A.-G. u. Oberschles. El.-Werke, Mitt. Ver EW 1916, S 273. — [47]) P. Meyer A.-G., Mitt. Ver. EW 1916, S 393.

Überspannungen. Störungen. Gefahren. Korona.

Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen.

Überspannungen. Die Klärung der Schutz- und Beanspruchungsfrage von Spulen, die wir K. W. Wagner[1]) verdanken, dürfen wir als wichtigsten Fortschritt des Berichtsjahres buchen. Wird nach der älteren Behandlungsweise die Schutzdrosselspule als zusammengedrängte Induktivität (Vernachlässigung jeder Kapazität) eingeführt, so ergibt sich ein zu günstiger Schutz, während die Betrachtung als Wellenwiderstand (Berücksichtigung der Kapazität gegen Erde) zu ungünstige Bilder liefert. Die Berücksichtigung der Kapazitäten gegen Erde und zwischen Windung und Windung — die Lösung dieses Problems bildet bereits den Gegenstand einer früheren Arbeit Wagners[2]) — lehrt den für die Schutzwirkung entscheidenden Einfluß des Verhältnisses zwischen den genannten beiden Kapazitäten. Die Kapazitäten zwischen Windung und Windung verhindern im Verein mit den Kapazitäten gegen Erde die verzerrungsfreie Ausbreitung von Wanderwellen in den Spulen, d. h. sie flachen ihre steile Front ab. Zu kleine Verhältnisse zwischen den Kapazitäten ergeben eine zu geringe Schutzwirkung, die bei Steigerung des Verhältnisses einem günstigsten Höchstwert zustrebt. Zu große Verhältnisse sind allerdings wieder von Nachteil. Die Rechnungen geben den eindeutigen theoretischen Nachweis für die Überlegenheit der Flachbandspulen, die z. B. von den SSW und Meirowsky seit Jahren mit bestem Erfolg praktisch verwendet werden. An die durch hervorragende oszillographische Aufnahmen an künstlichen Spulen erläuterte Arbeit schloß sich ein reger Meinungsaustausch an, in welchem Rüdenberg[3]) eine wertvolle Versuchsreihe über Sprungwellen an einem Drehstrommotor mitteilte. Den gleichen Gegenstand wie die Wagnersche Arbeit behandelt Vidmar[4]).

Für die Behandlung ähnlicher, aber auch der einfachsten Aufgaben über Ausgleichsvorgänge in elektrischen Systemen eignet sich eine von Heaviside ohne Beweis gegebene Formel, deren Beweis und Anwendungsgrenzen K. W. Wagner[5]) nebst einer Reihe von Anwendungsbeispielen bringt, welche die große Vereinfachung der mathematischen Hilfsarbeit — an deren Schwierigkeit die Lösung mancher Aufgabe scheitert — vor Augen führen. Siegbahn[6]) bringt gleichfalls einen Beweis dieser Formel und erläutert ihre Anwendung auf die

von Wagner gelöste Aufgabe des Eindringens von Sprungwellen in Transformatoren. Jedem auf diesem Gebiete Tätigen können die Heavisidesche Formel und die genannten Aufsätze nicht dringend genug empfohlen werden. Ihr gegebenes Anwendungsgebiet wäre z. B. die zusammenfassenden Abhandlungen Pfiffners[7]) über die Eigenschwingungen elektrischer Stromkreise und Biermanns[8]) über elektrische Schwingungen in Maschinenwicklungen. Biermanns[9])[10]) beschäftigt sich in eingehender Weise mit dem Kurzschluß von Synchronmaschinen, berechnet den plötzlichen Kurzschlußstrom und weist auf die im einphasigen Kurzschluß von Stromerzeugern ohne genügende Felddämpfung entstehenden Überspannungen hin. Da der dreiphasige Kurzschluß während seiner Abschaltung mit großer Wahrscheinlichkeit dadurch, daß zunächst nur in einer Phase der Strom unterbrochen wird, in einen einphasigen Kurzschluß übergeht, entwickelt sich in der Zeit bis zur endgültigen Stromunterbrechung die Überspannung des einphasigen Kurzschlusses, welche die Abschaltung erschweren kann. Große Kurzschlußinduktivitäten der Generatoren und Vorschaltreaktanzen mildern, Dämpferwicklungen im Felde unterdrücken die Erscheinung.

Die Sicherung von Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen und von Drosselspulen gibt Rogowski[11]) den Anlaß zu einer interessanten Untersuchung der Schutzwirkung von Kondensatoren gegen Unterbrechungsüberspannungen, deren Wert vornehmlich darin liegt, daß die endliche Unterbrechungszeit (statt der plötzlichen Unterbrechung) berücksichtigt wird. Wesentlich kleinere Kapazitäten als die aus der Gleichung $J\sqrt{L} = E\sqrt{C}$ berechneten gewähren keinen ausreichenden Schutz, im Gegenteil, sie können sogar die Lage gegenüber der ungeschützten Anordnung verschlechtern.

Abgesehen von der genaueren Betrachtung der leichten, durch die Entladung des Blitzseiles auf den geschützten Leitungen induzierten Oberwellen bringt Creighton[12]) Berechnung des Schutzwertes von Blitzseilen gegenüber Bekanntem nichts Neues. Roper[13]) berichtet über die durch dreijährige systematische Entwicklung und Beobachtung des Überspannungsschutzes erzielte Verringerung der Transformatoren- und Sicherungsfehler in einem ausgedehnten Netze (4300 km Freileitung, 500 km Kabel, 15600 Transformatoren, 4 kV Betriebsspannung). Obwohl die Kosten des Schutzes höher sind als die Wiederherstellungskosten, empfiehlt sich trotzdem der am besten an jedem Transformator angebrachte Schutz im Interesse der ungestörten Stromlieferung. Aus der von Pollard und Lawson[14]) gegebenen Beschreibung der gesamten Sicherungseinrichtungen einer Anlage und die mit ihnen gesammelten Erfahrungen sind besonders das günstige Urteil über den Lichtbogenerder und die Überstromschutzdrosselspulen hervorzuheben. Eine Rundfrage[15]) über den Wert der Nullpunkterdung erhielt eine Reihe von bemerkenswerten Antworten aus praktischen Betrieben, die sich in der Hauptsache in folgende Sätze niederlegen lassen: Die Nullpunkterdung schützt Anlagen bei Berührung mit Leitungen höherer Spannung gegen deren Einwirkung, ermöglicht eine einfache und sichere Erdschlußauslösung und macht die Überspannungen des intermittierenden Erdschlusses unmöglich.

Mit dem Erdschluß von Hochspannungsnetzen beschäftigen sich zwei Vorträge von Petersen[16]). In Netzen mit hohem Erdschlußstrom können Erdschlüsse über Freileitungsstrecken zu dauernden Resonanzerscheinungen mit der Betriebsfrequenz führen, welche eigenartige Verschiebungen in den Spannungen der einzelnen Phasen gegen Erde, die sich sämtlich über ihren Betriebswert heben, und beträchtliche Überströme und Überlastungen zur Folge haben. Die Höhe des Erdschlußstromes[17]) ist — ganz abgesehen von der genannten Erscheinung — von entscheidender Bedeutung für die Betriebssicherheit von Freileitungsnetzen. Nach Überschreitung bestimmter Mindestwerte des Erdschlußstromes häufen sich die Betriebsstörungen durch Schalterauslösungen, Kurzschlüsse, Leitungsbrüche, Isolatorenschäden, Überspannungen. Ein wert-

volles Schutzmittel gegen die Folgen zu hoher Erdschlußströme ist der Erdungsschalter oder Lichtbogenerder, dessen sinnreiche Betätigung Thieme[18]) behandelt.

Im Berichtsjahre erschienen die Leitsätze des Schweizerischen EV[19]) über den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen. Sie verdanken ihr Zustandekommen der hingebenden Zusammenarbeit von Theorie und Praxis und werden zweifellos als Führer und Berater in der Überspannungsschutzfrage die wertvollsten Dienste leisten.

Überströme. Das sprunghafte Hinaufschnellen der Maschinen- und Kraftwerksleistungen der letzten Jahre zwingt in zunehmendem Maße die deutsche Praxis, ähnlich wie schon 2 oder 3 Jahre früher die amerikanische, zur eingehenden Beschäftigung mit den vernichtenden Folgen des plötzlichen Kurzschlußstromes, gegen dessen thermische und mechanische Wirkungen, abgesehen von der Unterteilung des Betriebes, nur die Überstromschutz-Drosselspulen und die Erhöhung der Kurzschlußreaktanz der Generatoren sichert. Da die Überhitzung selbst kräftiger Kabelquerschnitte, die Zerstörung von Lötverbindungen und die mechanischen Zerstörungen, wie z. B. das Auseinanderspreizen der Leiter in Muffen, in den ersten Zehntelsekunden nach dem Eintritt des Kurzschlusses im wesentlichen bereits abgeschlossen sind, ist selbst die beste Schnellauslösung nutzlos. Nur die Begrenzung des plötzlichen Kurzschlußstromes durch die obengenannten Mittel kann die Gefahr beseitigen. Allerdings ist hierzu zu bemerken, daß bereits seit Jahren eine ganze Reihe von deutschen Betrieben — zu nennen sind z. B. eine Reihe von Betrieben im Berg- und Hüttenwesen, das Kraftwerk Oberspree usw. — durch Überstrom schutz-Drosselspulen gesichert worden sind, wie auch die Erhöhung der Kurzschlußreaktanz der Turbogeneratoren von vielen Konstrukteuren seit Jahren angestrebt wird. Auch das Großkraftwerk Golpa ist von vornherein, wie Klingenberg[20]) im Anschluß an die diesen Gegenstand behandelnde Arbeit Binders[21]) hervorhebt, mit reichlich bemessenen Drosselspulen versehen worden, welche in Verbindung mit der Transformatorenreaktanz insgesamt eine Reaktanzspannung von 10%, bezogen auf die Maschinenleistung von 22000 kVA besitzen. Vgl. auch die sehr wichtigen Ausführungen von Probst[22]). Vgl. auch JB 1915[23]).

Irrströme. Als bestes Abwehrmittel gegen Irrströme empfehlen Mc Collum und Logan[24]) die bekannten Mittel: gute Schienenverbindungen, Querverbindungen zwischen den Gleisen in mäßigen Abständen (100—150 m), Trockenhaltung der Bettung, blanke Verstärkungsleitungen und isolierte Rückleitungen, Saugmaschinen zur Gleichhaltung der Spannungen. Im Anschluß an die umfangreichen Untersuchungen auf diesem Gebiet prüfen Mc Collum und Ahlborn[25]) den Einfluß von Wechselströmen oder Gleichströmen mit periodischer Stromumkehr im Frequenzbereich von 60 i. d. Sek. bis ½ in einer Woche auf die elektrolytische Korrosion von Eisen und Blei. Mit Zunahme der Frequenz nimmt die Korrosion ab. Sie ist bei beiden Metallen bei einer Periode in der Minute vernachlässigbar klein und erreicht bei Eisen selbst bei einer Periode in 2 Wochen noch nicht ihren Höchstwert. Am wichtigsten dürfte der aus den Laboratoriumsversuchen gezogene Schluß sein, daß die Zerstörung an Rohrleitungen, die dauernd ihre Polarität wechseln, ganz erheblich kleiner ist als die, welche sich aus dem arithmetischen Mittel des Stromaustritts voraussehen läßt.

Auf die umfangreichen Versuche von Rosa, Mc Collum und Peters[26]) über den Einfluß von Strömen auf Eisenbeton mag hier ganz besonders hingewiesen werden.

Gefahren, Unfälle, Schutz. Pollard und Lawson[14]) machen die bemerkenswerte Angabe, daß der Lichtbogenerder in sechs Fällen der fahrlässigen Berührung von 13000 V-Leitungen den Tod der Betreffenden durch sofortiges Ansprechen, d. h. Erden der berührten Phasen verhindert hat. Sie glauben sich zu dieser Feststellung deshalb berechtigt, da in anderen Netzteilen des betreffen-

den Werkes, die nicht durch Lichtbogenerder geschützt sind, die gleichen Unfälle tödlich verlaufen sind.

Korona. Eine Anwendung der Glimmerscheinung zur Messung des Scheitelwertes von Spannungen geben Whitehead und Pullen[27]). Das mit außerordentlicher Präzision erfolgende Einsetzen der ersten Glimmerscheinung wird entweder akustisch mit einem Telephon oder elektrisch mit einem Galvanometer oder Elektroskop beobachtet. Galvanometer und Elektroskop sprechen scharf auf die Ionisierung der Luft, die selbst bei schwächsten Glimmerscheinungen feststellbar ist, an. Da das Einsetzen der Glimmerscheinungen, d. h. der Beginn des unvollkommenen Durchbruches der Luft in einer gegebenen Anordnung der Luftdichte (Druck und Temperatur) proportional ist, läßt sich der Meßbereich des Glimmlichtvoltmeters in weiten Grenzen durch Änderung des Luftdruckes im Instrumente verändern.

[1]) K. W. Wagner, ETZ 1916, S 425, 440, 456. — [2]) K. W. Wagner, El. Masch.-Bau 1915, S 89, 105. — [3]) Rüdenberg, ETZ 1916, S 600. — [4]) Vidmar, El. Masch.-Bau 1916, S 573, 590, 601. — [5]) K. W. Wagner, Arch. El. Bd 4, S 159. — [6]) Siegbahn, Arch. El. Bd 4, S 305. — [7]) Pfiffner, El. Masch.-Bau 1916, S 209, 222, 237. — [8]) Biermanns, Arch. El. Bd 4, S 211. — [9]) Biermanns, Arch. El. Bd 4, S 193. — [10]) Biermanns, ETZ 1916, S 579, 592. — [11]) Rogowski, Arch. El. Bd 4, S 345. — [12]) Creighton, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 945. — [13]) Roper, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 817. — [14]) Pollard und Lawson, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 879. — [15]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 906. — [16]) Petersen, ETZ 1916, S 129, 148. — [17]) Petersen, ETZ 1916, S 493, 512. — [18]) Thieme, ETZ 1916, S 179, 196. — [19]) Bull. Schweiz. EV 1916, S 137. — [20]) Klingenberg, ETZ 1916, S 681. — [21]) Binder, ETZ 1916, S 589, 606. — [22]) Probst, ETZ 1916, S 700. — [23]) JB 1915, S 60, 68. — [24]) Mc Collum und Logan, ETZ 1916, S 362. — El. Masch.-Bau 1916, S 481. — [25]) Mc Collum und Ahlborn, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 371. — [26]) Rosa, Mc Collum und Peters, ETZ 1916, S 95. — [27]) Whitehead und Pullen, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 791.

IV. Kraftwerke und Verteilungsanlagen.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung. Von Oberingenieur H. Büggeln, Stuttgart. — Kraftquellen. Einrichtungen des Elektrizitätswerks. Von Eugen Eichel, beratendem Ingenieur, Berlin. — Ausgeführte Anlagen. Von Dr. Bruno Thierbach, beratendem Ingenieur, Berlin.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung.

Von Oberingenieur Heinr. Büggeln.

Großanlagen und Wasserkräfte. Obwohl Klingenberg[1]) in seinem Vortrage auf der Frankfurter Kriegstagung des Verbands Deutscher Elektrotechniker die schon früher ausgesprochene und seither unwidersprochen gebliebene Ansicht vertreten hat, daß Dampfturbinen mit 15000 bis 20000 kW Leistung in wirtschaftlicher Beziehung von größeren Einheiten nicht mehr übertroffen werden können, teilen sowohl die AEG als auch die SSW in ihren Geschäftsberichten mit, daß sie im Berichtsjahre verschiedene Dampfturbinen bzw. Turbogeneratoren von 50000 und 60000 kW gebaut bzw. in Arbeit haben. Es wird erst nach dem Kriege darüber berichtet werden können, für welche Zwecke solche Maschinenriesen dienen und welche wirtschaftlichen Erfolge damit erzielt worden sind. In den Vereinigten Staaten sind angeblich mit großen Dampfturbinen recht günstige wirtschaftliche Ergebnisse erzielt worden. So ist in Philadelphia[2]) im Kraftwerk Christian Street der Philadelphia Electric Co. im Jahre 1915 eine Turbine von 35000 kW aufgestellt worden, die bei 14 atm Dampfdruck, 265° C und einem Vakuum von 97% einen thermo-

dynamischen Wirkungsgrad von 97% erreicht hat. Man erwägt, ob man nicht durch Steigerung des Dampfdruckes auf 40 und selbst 70 atm eine weitere thermodynamische Verbesserung erzielen kann. Allerdings werden Kessel und Dampfleitungen für solche Drücke nur schwer herzustellen sein. Eine Dampfturbine von 33000 kW wurde bei der Commonwealth Edison Co. in Chicago[3]) aufgestellt.

P. M. Lincoln[4]) beweist, daß die Wirtschaftlichkeit eines Kraftwerkes in einem bestimmten Verhältnis mit der Größe wächst. Wenn trotzdem noch Blockstationen im Versorgungsgebiet eines Elektrizitätswerkes errichtet werden, so liegen dafür meist nur rein persönliche Gründe vor.

Von Interesse ist auch der Bericht von R. Schulz[5]) über die Steigerung der Größeneinheiten von Kesseln und Dampfturbinen in amerikanischen Kraftwerken. Maschineneinheiten von 15000 und 20000 kW sind dort bereits eine vielbegehrte, handelsübliche Größe.

Mit der Größe der Leistungen wächst in der Regel der Umfang des Versorgungsgebietes, so daß dementsprechend die hohen Übertragungsspannungen von 70000 bis 100000 V immer mehr erforderlich werden. Solche Spannungen ermöglichen die wirtschaftliche Ausnutzung auch solcher Wasserkräfte, die sonst wegen ihrer Abgelegenheit für die Elektrizitätsversorgung gar nicht in Betracht kommen würden. Perlewitz[6]) berichtet über eine Kraftübertragungsanlage mit 115000 V in Japan, wo die Inawashiro Hydroelectric Co. am Nippashi-Flusse 46640 kW erzeugt und 232 km weit nach Tokio überträgt. Brandt[7]) beschreibt die mit 70000 V arbeitende Kraftübertragungsanlage Guadalajara in Mexiko. Über eine sehr bedeutende Übertragung auf 385 km wird ferner aus Italien[8]) berichtet, wo 18500 kW des Pescara-Flusses nach Neapel geleitet werden.

Die elektrische Großwirtschaft und der Staat. Die bedeutenden wirtschaftlichen Vorteile der Energieerzeugung in Großkraftwerken und die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Fortleitung des Stromes haben in verschiedenen Staaten zu der Erwägung geführt, ob man nicht eine planmäßige Großwirtschaft einführen und die vielen kleinen und mittleren Betriebe stillsetzen soll. In der Regel wird hierbei die Mitwirkung des Staates verlangt, weil nur er über genügende Rechtsmittel verfügt. Auch hofft man vielfach, daß die Beteiligung an der Elektrizitätswirtschaft dem Staat mittelbare oder unmittelbare Einnahmen bringen wird, was im Hinblick auf die erheblichen Kriegsunkosten von Wichtigkeit ist. Während von verschiedenen Seiten nur eine Verstaatlichung der Stromerzeugung oder eine Beteiligung des Staates an gemischt-wirtschaftlichen Unternehmungen gefordert wird, sind auch Stimmen für eine vollständige Verstaatlichung der gesamten öffentlichen Elektrizitätsversorgung bis zum Hausanschluß des Stromabnehmers laut geworden.

Eine der bedeutendsten Arbeiten auf dem Gebiete der elektrischen Großwirtschaft ist der bereits erwähnte Frankfurter Vortrag von Klingenberg[1]). Letzterer befürwortet für das Königreich Preußen eine Anzahl von staatlichen Großkraftwerken, die durch 100000-V-Leitungen miteinander verbunden werden und den bestehenden Werken zum mindesten den erforderlichen Zuwachsstrom liefern sollen. Hiervon verspricht sich Klingenberg eine wesentliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, die nicht nur durch die Verbilligung der Stromerzeugung, sondern auch durch den günstigeren Ausnutzungsfaktor bedingt wird. Ernstlichen Widerspruch hat Klingenberg eigentlich nur in den interessierten Kreisen der Stadtverwaltungen und der Elektrizitätswerke erfahren, Es seien da u. a. die Vorstände des Deutschen und des Preußischen Städtetages[9]) und Passavant[10]), der Direktor der Städtischen Elektrizitätswerke Berlin, genannt. Einen ganz anderen Standpunkt hat noch einige Monate vorher der Eilenburger Bürgermeister Belian[11]) auf der Tagung des Reichsverbandes Deutscher Städte eingenommen. Er erklärte die Verstaatlichung der Erzeugung für eine dringende Aufgabe, während er ebenso wie Klingenberg die Verteilung im allgemeinen den Gemeinden belassen wollte. Über den Vortrag von Belian

hat Grempe[12]) eingehend berichtet. Zander[13]) befürwortet eine Ausdehnung des Klingenbergschen Projektes auf das ganze Deutsche Reich. Zustimmend äußern sich auch Kübler[14]) und Schutzer[15]), der die elektrische Großwirtschaft unter staatlicher Mitwirkung im Hinblick auf den Stand der Elektrizitätsversorgung in Bayern und Baden erläutert.

Um gegen Klingenbergs Ausführungen Stellung zu nehmen, veranstaltete die Vereinigung der Elektrizitätswerke am 4. Dezember 1916 einen Erörterungsabend im Preußischen Abgeordnetenhause, über dessen Verlauf Zehme[16]) kurz berichtet. Ausführlichere Berichte sind erst im kommenden Jahre zu erwarten. Dagegen hat Klingenberg[17]) bereits zu den auf ihn erfolgten Angriffen Stellung genommen und seinen Standpunkt geschickt verteidigt.

Die eifrigsten Verfechter einer vollständigen Verstaatlichung, also auch der Elektrizitätsverteilung, sind Laudien[18]) und Hochström[19]). Ersterer rät sogar, in die Gemeinderechte einzugreifen, wozu der Staat befugt sei, sobald eine Gemeinde mehr als 100% Steuerzuschlag habe. Bedeutendes Aufsehen hat die recht interessante Arbeit von Hochström erregt, wenn sie auch wohl von keiner Seite ohne Widerspruch aufgenommen worden ist. Thierbach[20]) verwirft sie kurzerhand wegen einiger Rechenfehler, während Soberski[21]) ihr in einer sehr ausführlichen Besprechung alle Beachtung schenkt. Im Hochströmschen Buch sind auch alle die Vorgänge in verschiedenen deutschen Bundesstaaten recht ausführlich und anschaulich geschildert.

Preußen[22]) beschränkt sich in der Regel immer noch auf den Ausbau solcher Wasserkräfte, die in der Hauptsache anderen Zwecken dienen. So sollen auch die durch die Schiffbarmachung des Mains bei Hanau gewonnenen Wasserkräfte ausgebaut und mit bestehenden staatlichen Kraftwerken verbunden werden. Grempe[23]) berichtet ausführlich darüber.

Besondere Beachtung verdienen die Vorgänge im Königreich Sachsen, wo die Verstaatlichung am weitesten fortgeschritten ist und sich schon auf die Stromverteilung erstreckt. Die Regierung hat sogar ein vorläufiges Verbot für die Veräußerung von Kohlenbergbaurechten erlassen[24]). Die Literatur über die Vorgänge in Sachsen ist äußerst reichlich[25]). Erwähnt seien die Berichte von Tschernoff[26]), Soberski[27]), Grempe[28]), Aumann[29]), Meng[30]) und Voigt[31]), der als Berater des sog. Elektroverbandes scharf gegen die Regierungsmaßnahmen Stellung nimmt. Von Interesse ist auch die Eingabe an die Regierung vom Vorstand des Sächsischen Gemeindetages und des Sächsischen Bürgermeistertages[32]), sowie die Äußerung des Verbandes Sächsischer Industrieller[33]).

Während Klingenberg in seiner Arbeit vornehmlich die Erzeugung der Elektrizität in Wärmekraftwerken behandelt und auch in Sachsen die vorteilhafte Ausnutzung der Braunkohle am Ort der Gewinnung der Hauptfaktor für die erhöhte Wirtschaftlichkeit ist, soll letztere in Baden, Bayern und Württemberg durch eine möglichst restlose Ausnutzung der Wasserkräfte erreicht werden. Welche Wichtigkeit den Wasserkräften nach dem Kriege, wo alle verfügbaren Naturkräfte in wirtschaftlicher Weise mobil gemacht werden müssen, beigemessen wird, geht aus den Erfurter Aprilverhandlungen des Verbandes Deutscher Wasserkraft- und Motorenbesitzer[34]) hervor. In Baden wird zunächst das staatliche Murgwerk gebaut, über das Büggeln[35]) ausführlich an Hand eines Buches von Schutzer berichtet. In Bayern plant die Regierung den Bau des Walchenseewerkes und die Gründung des Bayernwerkes, eines gemischt-wirtschaftlichen Unternehmens, das die Verteilung der in sämtlichen Wasserkräften gesammelten Energie übernehmen und die bedeutenden Wärmekraftwerke Bayerns als Ersatz- und Zusatzkräfte benutzen soll. Neben den Berichten von O. von Miller[36]), der die Projekte ausgearbeitet hat, liegt eine Arbeit über Bau und Organisation des Bayernwerkes von Grempe[37]) vor. Aus von Millers Ausführungen geht hervor, daß das Walchenseewerk nach Rückstellung von jährlich 120 Mill. kWh für den zukünftigen Bahnbetrieb, der übrigens nach den Erfahrungen des Krieges aufgegeben ist, eine Höchstleistung

von 40000 kW haben wird, und daß sich die Selbstkosten der Stromerzeugung beim Zusammenschluß zu einem Bayernwerk um rd. 20% oder 4 Mill. M billiger stellen werden als beim jetzigen getrennten Betriebe.

Für Württemberg und Hohenzollern hat Büggeln[38]) einen Entwurf ausgearbeitet, in dem ebenfalls die möglichst restlose Ausnutzung der Wasserkräfte gefordert wird, was durch eine 100000-V-Sammelleitung, die mit den bayerischen und badischen Leitungsnetzen zu verbinden ist, erreicht werden soll. Von den gegenwärtig bestehenden 273 Elektrizitätswerken sollen außer den Wasserkraftwerken nur 5 große Dampfkraftwerke in Betrieb bleiben. Die gesamte Stromerzeugung und Hauptverteilung wird von einem gemischt-wirtschaftlichen Unternehmen nach Art des Bayernwerkes übernommen. Büggeln berechnet den Reinüberschuß, der nach 5% Verzinsung verbleibt, mit 6 Mill. M bei einem Anlagekapital von 100 Mill. M.

Auch über die geplante elektrische Großwirtschaft in einigen preußischen Provinzen liegen ausführliche Berichte vor. Für Brandenburg[39]) kommt ein gemischt-wirtschaftliches Unternehmen unter Beteiligung der Provinz und der AEG in Frage. Tschernoff[40]) gibt in zwei Arbeiten über die einzelnen Punkte des Abkommens genauen Bericht. Über die geplante Elektrizitätswirtschaft in Ostpreußen[41]) berichtet Roeßler[42]), der Sachverständiger der Provinz ist, in ausführlicher Weise.

In Schweden leitet nach einem Bericht von Hausmann[43]) die Wasserfalldirektion, die als Besitzerin zweier staatlicher Wasserkraftwerke die Stromlieferung an die auf dem Lande wohnenden Abnehmer organisiert hat, die elektrische Großwirtschaft unter staatlicher Mitwirkung ein. Am weitesten ist die Verstaatlichung der Elektrizitätsversorgung in der Schweiz[44]) vorangeschritten. Das Bestreben, die Wasserkräfte immer vollkommener auszunutzen, wird daselbst lebhaft gefördert. In einer Sitzung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes[45]) ist eingehend über die Verwendung der Abfallkräfte und die Verbindung der Kraftwerke untereinander gesprochen worden. Härry hat in dieser Sitzung nachgewiesen, daß 1913 statt 762 nur etwa 364 Mill. kWh, also nur 49%, ausgenutzt worden sind. Auf Grund eines Vortrages von Wagner[46]) hat sich ein Verein von Vertretern der großen Kraftwerke und des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins für die Behandlung der Frage der Verwertung von Überschußenergie und der Organisation zur gegenseitigen Aushilfe gebildet. Wagner[47]) macht recht beachtenswerte Vorschläge für die notwendigen wirtschaftlichen und technischen Vorkehrungen zur zweckmäßigen Ausnutzung der schweizer Wasserkräfte für die Volkswirtschaft.

Elektrizität und Verwaltung. In engem Zusammenhange mit der elektrischen Großwirtschaft stehen die Verfügungen und gesetzlichen Bestimmungen, die von den verschiedenen staatlichen Verwaltungen erlassen worden sind. Erst im Berichtsjahre sind die ministeriellen Verfügungen vom 26. Mai 1914 über die Elektrizitätsversorgung in Preußen[48]) veröffentlicht worden. Es sei auf die Äußerungen darüber von Fistl[49]) und Fr. Schmidt[50]) hingewiesen. Auch eine Arbeit von Soberski[51]) über staatliche Maßnahmen für die einheitliche Elektrizitätsversorgung in Deutschland sei hier erwähnt.

Fischer[52]) gibt einen Überblick über die gesetzlichen Maßnahmen in Preußen, in den außerpreußischen Staaten sowie in England, Frankreich, Italien, Norwegen, Schweden, Belgien, der Schweiz, Ägypten und Australien. In der Schweiz hat sich der Bundesrat mit gesetzlichen Bestimmungen[53]) über die Ausfuhr schweizerischer Wasserenergie befaßt und beschlossen, diese nur auf bestimmte Zeit zu bewilligen, jedoch mit dem Vorbehalt, den Termin vor Ablauf aus Gründen des öffentlichen Wohles gegen eine Entschädigung widerrufen zu dürfen. Mißlin[54]) berichtet über das schweizerische Gesetz betr. Nutzbarmachung der Wasserkräfte, das noch keine endgültige Form bekommen hat. Im Gesetz wird für den Bund die Oberaufsicht über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte an den öffentlichen und privaten Gewässern gefordert. Er

beschreibt auch die Einwände, die gegen das Gesetz von interessierten Seiten gemacht worden sind. — Sogar für die besetzten Teile Rußlands sind gesetzliche Vorschriften[55]) erlassen, die dem Oberbefehlshaber Ost oder der von diesem zu bestimmenden Behörde unterliegen. Hier bedarf auch der Übergang eines Werkes zu einer anderen Stromart der Genehmigung.

Besteuerung der Elektrizität. Falls zur Tilgung der sehr bedeutenden Kriegskosten eine Besteuerung der elektrischen Energie notwendig werden sollte, so würde das auf die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätsversorgung von erheblichem Einfluß sein. Nicht mit Unrecht wird befürchtet, daß wieder so ungeheuerliche Steuerpläne wie im Jahre 1908 vorgeschlagen werden könnten, wenn man die Bearbeitung der Entwürfe unseren Steuerpolitikern allein überließe. Deshalb behandelt Klingenberg[1]) die Steuerfrage vom Standpunkte des Technikers und Wirtschaftspolitikers, um so der Regierung mit Vorschlägen zuvorzukommen. Er hält eine Besteuerung der Leuchtelektrizität, des Leuchtgases, der Wasserkräfte und der Kohle in beschränktem Maße für durchführbar. Auch Hochström[19]) stellt sich auf denselben Standpunkt, jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die von ihm vorgeschlagene Verstaatlichung nicht zustande kommt. Beachtung verdient ferner die Arbeit des als Volkswirt und Steuerpolitiker wohlbekannten preußischen Abgeordneten und Landrats a. D. von Dewitz[56]), die von Biedermann[57]) näher besprochen worden ist. Von Dewitz will die Kohle mit 5 M/t besteuern und dadurch zunächst 1,5 Milliarden M Einnahmen erzielen. Allerdings soll diese empfindliche indirekte Steuer dadurch erträglich gemacht werden, daß die sämtlichen Kohlen zuerst vergast und so alle Nebenerzeugnisse nutzbar gemacht werden müssen. Das hält er nur bei einer Großwirtschaft oder wenigstens bei einer Beteiligung des Staates an der Privatwirtschaft in Form von gemischt-wirtschaftlichen Unternehmungen für möglich. Dieselben Einnahmen glaubt er durch eine Besteuerung des Gases und der Elektrizität erreichen zu können, in welchem Falle die Kohlensteuer dann wegfallen würde. Als Steuern für Gas schlägt er 0,5 Pf/m³ und für Elektrizität 2 Pf/kWh vor. Das würde für das Gas ganz wesentlich günstiger als für die Elektrizität sein, und es liegt auf der Hand, daß solche Vorschläge nicht ohne Widerspruch aufgenommen werden können.

Gewinnung von Nebenerzeugnissen bei Kohlenverwertung. Der Gewinnung von Nebenerzeugnissen, die bei Vergasung der Kohle in Gasanstalten und Kokereien sowie auch in gewissen Gasmaschinenanlagen ohne weiteres stattfindet, wird von verschiedenen Seiten große Bedeutung beigemessen, zumal trotz aller Fortschritte die Ausnutzung des Wärmeinhalts der Kohle im unmittelbaren Verbrennungs- und Heizprozesse recht unzureichend ist. So wird z. B. vorgeschlagen[58]), die Dampfkessel mit Gas zu heizen. Von Dewitz bezieht sich in seiner zuvor erwähnten Abhandlung[56]) auf eine Arbeit von Besemfelder[59]). Es sei hier auch auf eine Arbeit von Scheuer[60]) über die Gewinnung und Verwertung von Nebenerzeugnissen bei Verwendung von Stein- und Braunkohle hingewiesen, in der der wirtschaftliche Nutzen der Vergasung sorgfältig untersucht und die Möglichkeit einer Einführung der Gasmaschinen und der Gasheizung kritisch beleuchtet ist.

Elektrizitätswerke und Gasanstalten. Der Wettkampf zwischen Elektrizität und Gas hat sich immer mehr gemildert, weil es klar auf der Hand liegt, daß beide ohne Beeinträchtigung der Wirtschaftlichkeit nebeneinander bestehen können. Nach Roß[61]) hat der Gasmotor aufgehört, eine Rolle im städtischen Wirtschaftsbetriebe zu spielen, denn 1914/15 waren bei den zwölf größten städtischen Gasanstalten nur 25700 PS gegen 320000 PS Elektromotoren nach der Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke für 1912/13 angeschlossen. Auch in der Gasbeleuchtung der Städte ist ein Rückschritt deutlich bemerkbar, was an Hand von statistischen Zahlentafeln von Roß nachgewiesen wird. Letzterer hält es daher für ein Unrecht, wenn einzelne Städte trotzdem die Abgabe von Gas für Beleuchtungszwecke künstlich zu fördern suchen, statt diese Werbe-

tätigkeit auf das Kochen und Heizen zu beschränken, wo in Zukunft das eigentliche Absatzgebiet der Gaswerke liegt.

Der Einfluß des Krieges. Während einerseits der Krieg eine Vermehrung der Anschlüsse infolge des Petroleummangels und des Ersatzes menschlicher Arbeitskräfte durch Elektromotoren zur Folge hatte, machte sich anderseits die Sommerzeit in vielen Werken, vornehmlich in Städten, im Sinne eines Einnahmeausfalles bemerkbar. Birrenbach[62]) schildert die Entwicklung der Elektrizitätswerke der Stadt Köln während des Krieges an Hand von Kurven und statistischen Angaben. Ferner teilt er die getroffenen Maßnahmen zur Vermehrung des Stromabsatzes und zur Erleichterung der Beschaffung von Anlagen mit. Über die Einwirkung der Sommerzeit spricht sich u. a. von Alkier[63]) aus. Das Elektrizitätswerk Straßburg[64]) hat festgestellt, daß im Mai in den Landgemeinden die Lichteinnahmen um 8%, in den Stadtgebieten dagegen um 18% niederer waren als im Vorjahr trotz Hinzukommens vieler Neuanschlüsse. Nicolaisen[65]) schlägt als Maßnahmen gegen die entstehenden Einnahmeausfälle eine kleine Pauschalgebühr als Grundtaxe und die Herabsetzung des bisherigen Strompreises um 50% vor. Dadurch erhofft er eine Steigerung des Stromverbrauchs und eine Erhöhung der Einnahmen. In einem Bericht[66]) über die Mitgliederversammlung des Bundes der Elektrizitätsversorgungs-Unternehmungen Deutschlands wird auf eine Feststellung Raumers verwiesen, nach der im Elektrizitätsverbrauch der Städte ein erheblicher Rückgang zu verzeichnen ist, während die Ersparnis von Kohlen und Betriebsmitteln, der Zweck der Maßregel, verschwindend ist. In derselben Versammlung hat Heck über die Bedeutung der Umsatzsteuer für die Elektrizitätswerke berichtet und befürwortet, daß diese Steuer auf die Abnehmer abgewälzt werden soll.

Tarife. Von verschiedenen Seiten wird dem neuen Berliner Tarif[67]) besondere Beachtung geschenkt. Hier ist neben anderen Tarifarten ein Grundgebührentarif eingeführt worden, bei dem die Grundgebühr nach der Grundfläche der Räume bestimmt wird. Eine Erleichterung der Beschaffung von Einrichtungen wird durch rückzahlbare Vorschüsse und kostenlose Lieferung von Elektrizität gewährt. U. a. berichten Grempe[68]) und Bujes[69]) über diesen Tarif. Thierbach[70]) zeigt den Einfluß desselben an Kurven und rechnerischen Beispielen. Auch in Hamburg[71]) hat eine Änderung des Tarifes stattgefunden.

Interesse bieten die Vorschläge von Thierbach[72]) für eine einheitliche Bezeichnung der verschiedenen Tarifarten. Er teilt sie in vier Hauptgruppen ein: 1. Kilowattstundentarife (kWh-Tarife), 2. Pauschaltarife (P-Tarife), 3. gemischte Tarife (G-Tarife) und 4. Zeittarife (Z-Tarife).

Eine recht lebhafte Erörterung hat im Berichtsjahre über die im J B 1915, S 75 und 77 erwähnten Arbeiten von Vent und Nicolaisen eingesetzt. An Hand der ersteren Arbeit stellt Büggeln[73]) eine längere Betrachtung über den Anschluß von Kleinabnehmern und seine Wirtschaftlichkeit an und schlägt für diese, sobald die gleichzeitige Abnahme 100 W übersteigt, unbedingt G-Tarife mit Zähler vor, während er für kleinere Belastungen P-Tarife mit Strombegrenzer gelten läßt. Hierauf erwidern Sturm[74]) und Ihlefeld[75]) teils in zustimmendem, teils in abfälligem Sinne, während Büggeln[76]) seinen Standpunkt aufrecht erhält. Büggeln[77]) bemängelt an Nicolaisens Einheitstarifvorschlag vor allem, daß die Grundgebühr nicht nach der Zimmerzahl oder Grundfläche, sondern nach der Lampenzahl bemessen werden soll, weil das die Ausbreitung der Beleuchtung hindert. Sodann bestreitet er, daß ein Einheitstarif für 10 Pf/kWh für das ganze Reich möglich ist. Auch Rösch[78]) nimmt zu Nicolaisens Vorschlägen Stellung und verwirft vor allem die Bezeichnung Einheitstarif, da er in der Hauptsache nur für Wohnungen in Frage kommt. Letzterer verteidigt seine Ansichten[79]) und macht weitere Vorschläge für die Anwendung des Einheitstarifes auf verschiedene Arten von Stromverbrauchern sowie für die Bemessung der Grundgebühr und des Zusatzpreises.

Ein heftiger Streit ist über die Berechtigung und Wirtschaftlichkeit des P-Tarifes entbrannt. Er findet in den Berichten von Ihlefeld[80], Reichel[81], Fr. Schmidt[82], Nicolaisen[83], Wikander[84] und Sturm[85] die verschiedenste Beurteilung. Thierbach[86] bezeichnet ihn in einer Abhandlung als einen Übergangstarif.

Über alle Arten der heute gebräuchlichen Tarife für Treppenbeleuchtung berichtet von Alkier[87] und Laudien[88] über Z-Tarife.

Norberg-Schulz[89] stellt an Hand norwegischer Elektrizitätswerke eine neue Wirtschaftstheorie auf, nach der die Einwirkung der Durchschnittspreise auf die Beleuchtungsverhältnisse und wirtschaftlichen Ergebnisse eines Normal-Elektrizitätswerkes, das unter Durchschnittsverhältnissen arbeitet, im voraus geschätzt werden kann.

Eisenmenger[90] schildert die Verteilung der festen Kosten eines Elektrizitätswerkes unter Beachtung des Verschiedenheitsfaktors und ergänzt damit eine Arbeit, über die schon im JB 1914 S 75 berichtet worden ist.

Erweiterung des Absatzgebietes der Elektrizitätswerke. Pabst[91] fügt seinen schon im JB 1915, S 77 erwähnten Ausführungen über die Wirtschaftlichkeit von Eisfabriken in Verbindung mit Elektrizitätswerken eine weitere Arbeit hinzu. Über die Installations- und Bezugserleichterungen, wie sie schon bei Besprechung des neuen Berliner Elektrizitätstarifes[67] erwähnt wurden, hat Klein[92] eine besonders umfangreiche Zusammenstellung verfaßt. Grempe[93] schildert die Erleichterungen für Hausinstallationen in Berlin-Steglitz. Dort sollen sogar kostenlose Installationen gemacht werden, und auch der Strom wird ein Jahr kostenlos geliefert werden, wenn der Bezieher sämtliche Räume für elektrisches Licht einrichten läßt.

Nicolaisen[94] macht Vorschläge für die Vermehrung des Stromverbrauchs im Haushalt durch Heizen und Kochen, was er mit seinem Einheitstarif von 10 Pf/kWh erreichen will. Fr. Schmidt[95] und Elektrizitätswerk Straßburg[96] halten die Anschauungen für viel zu optimistisch. Sturm[97] glaubt nur dort, wo kein Gas ist, an den von Nicolaisen erhofften Erfolg, allerdings nur bei gewerblicher Bevölkerung, während die ländliche Bevölkerung wenig Interesse für elektrisches Kochen zeigt. Nicolaisen[98] sucht die Angaben des Elektrizitätswerkes Straßburg zu widerlegen. Die Geschäftsstelle für Elektrizitätsverwertung[99] berichtet an Hand der Mitteilungen von Ringwald im Schweizer Elektrotechnischen Verein über die großen Erfolge mit elektrischem Kochen in der Schweiz und Rittershaussen[100] über Abgabe elektrischer Energie an Heißwasser- und ähnliche Apparate. Sodann wird über eine Arbeit von Arno[101] über Denaturierung des Heizstromes berichtet. Da es in Italien infolge der auf dem Beleuchtungsstrom lastenden Steuer unwirtschaftlich ist, diesen Strom auch für Heizzwecke zu benutzen, hat Arno einen Apparat konstruiert, der den Strom periodisch unterbricht, so daß er für Lichtzwecke unbrauchbar gemacht (denaturiert) wird.

Eisenmenger[102] beschreibt ein Teilzahlungssystem für Hausinstallationen, bei dem das erforderliche Kapital nicht vom Elektrizitätswerk, sondern unmittelbar von einer Bank beschafft wird. Das wurde bei der Cleveland Electric Illuminating Co. mit gutem Erfolge eingeführt. Eine Einziehung der Strom- und Installationskosten durch die Bank erfolgt seit fünf Jahren auch beim Städtischen Elektrizitätswerk Recklinghausen[103], ebenso in Glauchau[104], wo eine Art städtische Bank (Stadtgiroverkehr) besteht, die zurzeit rd. 6700 Konten hat.

Um das Absatzgebiet zu erweitern, wird nach einem Bericht von Biermann[105] in Werdau nach amerikanischem Muster Propaganda gemacht. Diese besteht in Preisausschreiben des Elektrizitätswerkes für die Kinder seiner Stromabnehmer. Ein anschauliches Beispiel wird eingehend beschrieben.

[1]) G. Klingenberg, ETZ 1916, S 297, 314, 328, 343. — [2]) El. World Bd 66, S 785, 799, 800. — ETZ 1916, S 392. — [3]) Génie Civil Bd 69, S 220. — [4]) P. M.

Lincoln, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1937. — ETZ 1916, S 6. — [5]) R. Schulz, Mitt. Ver. EW 1916, S 193. — [6]) Perlewitz, ETZ 1916, S 5. — El. World Bd 65, S 1599, 1671. — [7]) A. A. Brandt, ETZ 1916, S 57. — [8]) ETZ 1916, S 274. — [9]) ETZ 1916, S 461. — [10]) H. Passavant, ETZ 1916, S 409. — [11]) Komm. Rundschau Bd 9, S 107. — ETZ 1916, S 185. — [12]) P. M. Grempe, Mitt. Ver. EW 1916, S 129. — [13]) E. Zander, ETZ 1916, S 486. — [14]) W. Kübler, ETZ 1916, S 577. — [15]) H. Schutzer, ETZ 1916, S 605. — [16]) Zehme, ETZ 1916, S 709. — [17]) G. Klingenberg, ETZ 1916, S 714. — [18]) K. Laudien, ETZ 1916, S 498. — Helios Fachz. 1916, S 73. — [19]) N. Hochström, Die öffentliche Elektrizitätsversorgung als Einnahmequelle für den Staat, Stuttgart 1916, Rud. Lucke. — [20]) Thierbach, ETZ 1916, S 623. — [21]) Soberski, El. Kraftbetr. 1916, S 360. — [22]) ETZ 1916, S 148, 195. — [23]) Grempe, Mitt. Ver. EW 1916, S 132. — [24]) Mitt. Ver. EW 1916, S 156. — [25]) ETZ 1916, S 598. — [26]) J. Tschernoff, Mitt. Ver. EW 1916, S 200, 394. — El. Masch.-Bau 1916, S 305, 321, 334, 613. — [27]) G. Soberski, El. Kraftbetr. 1916, S 282, 325. — [28]) P. M. Grempe, Helios Fachz. 1916, S 124. — [29]) H. Aumann, ETZ 1916, S 353, 372, 385. — [30]) W. Meng, Mitt. Ver. EW 1916, S 55. — [31]) Voigt, Elektrizitätswerk 1916, S 25, 37. — [32]) Elektrizitätswerk 1916, S 51. — [33]) Elektrizitätswerk 1916, S 72. — [34]) ETZ 1916, S 237. — [35]) Büggeln, Mitt. Ver. EW 1916, S 292. — [36]) O. von Miller, ETZ 1916, S 85. — [37]) Grempe, Mitt. Ver. EW 1916, S 23. — [38]) H. Büggeln, Elektrische Großwirtschaft unter staatlicher Mitwirkung in Württemberg, Stuttgart 1916, Konrad Wittwer. — [39]) ETZ 1916, S 301. — Z. Ver. D. Ing. 1916, S 700. — [40]) J. Tschernoff, El. Masch.-Bau 1916, S 497. — Mitt. Ver. EW 1916, S 349. — [41]) ETZ 1916, S 92. — [42]) G. Roeßler, ETZ 1916, S 481. — [43]) Hausmann, ETZ 1916, S 698. — [44]) El. Kraftbetr. 1916, S 73. — [45]) Schweizerische Wasserwirtschaft 1916, S 132. — [46]) Bull. Schweiz. EV 1916, S 303. — [47]) Wagner, El. Masch.-Bau 1916, S 494. — [48]) ETZ 1916, S 50, 250. — Mitt. Ver. EW 1916, S 28. — [49]) Kurt Fistl, ETZ 1916, S 250. — [50]) Fr. Schmidt, ETZ 1916, S 262. — [51]) G. Soberski, El. Kraftbetr. 1916, S 209, 221. — [52]) R. Fischer, ETZ 1916, S 229. — [53]) ETZ 1916, S 405. — [54]) Mißlin, ETZ 1916, S 471. — [55]) ETZ 1916, S 418 — [56]) v. Dewitz, Preuß. Verwaltungsblatt Nr. 2 vom 14. 10. 16, S 17. — [57]) Biedermann, ETZ 1916, S 697. — [58]) ETZ 1916, S 64. — [59]) Besemfelder, Zschr. f. techn. Fortschritt 1916, S 34, 75. — [60]) Wilh. Scheuer, Glasers Annalen Bd 76, S 209, 239. — Mitt. Ver. EW 1916, S 287. — [61]) F. Roß, ETZ 1916, S 333. — El. Masch.-Bau 1916, S 214. — [62]) H. Birrenbach, Mitt. Ver. EW 1916, S 7. — [63]) v. Alkier, Mitt. Ver. EW 1916, S 177. — [64]) Mitt. Ver. EW 1916, S 251. — [65]) J. Nicolaisen, Mitt. Ver. EW 1916, S 295. — [66]) ETZ 1916, S 586. — [67]) ETZ 1916, S 135. — Mitt. Ver. EW 1916, S 174. — [68]) P. M. Grempe, Helios Fachz. 1916, S 93. — [69]) Bujes, Helios Fachz. 1916, S 142. — [70]) B. Thierbach, Mitt. Ver. EW 1916, S 242. — [71]) ETZ 1916, S 417. — [72]) Thierbach, ETZ 1916, S 649. — [73]) H. Büggeln, ETZ 1916, S 192, 310. — [74]) C. Sturm, ETZ 1916, S 393. — [75]) Ihlefeld, ETZ 1916, S 394. — [76]) Büggeln, ETZ 1916, S 394. — [77]) H. Büggeln, Mitt. Ver. EW 1916, S 76. — [78]) Rösch, Mitt. Ver. EW 1916, S 78. — [79]) J. Nicolaisen, Mitt. Ver. EW 1916, S 80, 82. — [80]) Ihlefeld, ETZ 1916, S 113, 225. — [81]) Reichel, ETZ 1916, S 222. — [82]) Fr. Schmidt, ETZ 1916, S 225. — [83]) J. Nicolaisen, ETZ 1916, S 225. — Mitt. Ver. EW 1916, S 314. — [84]) E. Wikander, ETZ 1916, S 225. — [85]) C. Sturm, Mitt. Ver. EW 1916, S 197. — [86]) Thierbach, ETZ 1916, S 282. — [87]) A. v. Alkier, El. Anz. 1916, S 327, 347, 363, 381, 397. — [88]) K. Laudien, Helios Fachz. 1916, S 377. — [89]) Norberg-Schulz, ETZ 1916, S 399. — [90]) H. Eisenmenger, ETZ 1916, S 662, 682. — [91]) R. Pabst, ETZ 1916, S 29. — [92]) Klein, Mitt. Ver. EW 1916, S 45, 87. — [93]) P. M. Grempe, Mitt. Ver. EW 1916, S 420. — [94]) J. Nicolaisen, Mitt. Ver. EW 1916, S 203, 253, 254. — [95]) Fr. Schmidt, Mitt. Ver. EW 1916, S 252. — [96]) Mitt. Ver. EW 1916, S 253. — [97]) C. Sturm, Mitt. Ver. EW 1916, S 297. — [98]) J. Nicolaisen, Mitt. Ver. EW 1916, S 299. — [99]) Mitt. Ver. EW 1916, S 291. — [100]) A. Rittershaussen, Helios Fachz. 1916, S 16. — [101]) R. Arno, Z. Österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1916, S 924. — [102]) H. Eisenmenger, ETZ 1916, S 443. — [103]) ETZ 1916, S 475. — [104]) ETZ 1916, S 517. — [105]) F. Biermann, ETZ 1916, S 685.

Kraftquellen.

Von Eugen Eichel.

Wasserkraft.

Die Technik, Luftschiffahrt und Wetterkunde haben, sich gegenseitig unterstützend, große Erfolge gezeitigt. Die Leistung der Flugzeuge und Luftschiffe wurde dank der praktischen Ausnutzung der in bedeutenden wissenschaftlichen Versuchsanstalten erforschten Naturgesetze ganz außerordentlich gesteigert. Aber die Energie des Windes selbst wird nur in verschwindend bescheidenem Umfange für die Krafterzeugung ausgenutzt. „Modernes Leben auf dem Lande“[1]) verheißt das Wind-Elektrizitäts-Kleinkraftwerk, bringt das von Brennstoffzufuhr unabhängige Wind-Kleinkraftwerk den Kolonien. Aber weder Wind, Sonnenwärme noch Gezeiten wurden trotz des Energie- und Kohlenhungers im Jahre 1916 zu Großkraftquellen der Menschheit.

Das Wasserrad, bis zu hoher mechanischer Vollkommenheit entwickelt, nutzt das Gefälle strömenden Wassers in wachsendem Umfange aus. Kleine hydroelektrische Kraftwerke finden sich im Hinterland wie an der Front. Aber ausschlaggebend und kennzeichnend für die jetzige Wasserbautechnik ist doch das Erfassen der vielen kleinen Gefälle und Wassermengen zu einer stetigen Großkraft. Der kleine, an den murmelnden Bach gebundene Eisenhammer mit direktem Wasserantrieb verschwindet. Das hydroelektrische Großkraftwerk versorgt Stadt und Land, Heimarbeit und Großindustrie mit elektrischer Energie unabhängig von örtlicher Lage der Arbeitsstätte, von Jahres- und Tageszeit. Die Wasserkraft ist daher gleichbedeutend mit den Bodenschätzen, hilft uns haushalten mit den Brennstoffen, deren politischer und wirtschaftlicher Wert im Kriegsjahr 1916 eine weitere Steigerung fand. Weder für Kohle noch Elektrizität ist das Reichsmonopol gekommen, aber große Fortschritte machten bundesstaatliche Großkraftwerke. Das Königreich Sachsen hat die staatliche Elektrizitätsversorgung in die Wege geleitet; das Walchensee-[2]) und das Murgkraftwerk[3]), die Weserkraftwerke[4]) zeugen für die Bedeutung gemischtwirtschaftlicher und staatlicher Stromerzeugung in Ausnutzung der freien Naturkräfte. Die Ausnutzung der Wasserkräfte wird kaum noch auf unbegrenzte Zeitdauer an Privatunternehmungen vergeben. Hier ist wie bei den Dampf-Elektrizitätswerken in absehbarer Zeit der Übergang von privat- in gemischtwirtschaftliche, städtische, Kreis-, Staats- und schließlich Reichshände zu erwarten. Wie notwendig es ist, die Ausbeutung der Wasserkräfte in einer starken Hand zu vereinigen, geht am besten daraus hervor, daß bereits jetzt überall dort gewisse inner- und außenpolitische Schwierigkeiten entstehen, wo ein auszubeutender Wasserlauf verschiedene Bundesstaaten oder Reiche durchströmt. Erinnert sei an die oben erwähnte Ausnutzung der Murgkraft, für welche Württemberg und Baden zu einer Einigung gelangen müssen, an die Ausnutzung der Wasserkraft der Weser Hessens und Preußens, an die Walchenseeanlage, an welcher Österreich und Bayern in wasserrechtlicher Beziehung gleicher Weise beteiligt sind. Die uns nächstliegende Größtwasserkraftquelle, der Rhein, erfordert Übereinstimmung zwischen der Schweiz[5]), Baden und den Reichslanden, Hessen und Preußen. Auch die mächtigen, um den Niagarafall herum errichteten Groß-Wasserkraftwerke[6]) erfordern die Verständigung zwischen den anliegenden Staaten und Provinzen der Vereinigten Staaten von Amerika und Kanada. Hier hat der Krieg die bisherige Friedenslage bedeutend verändert. Kanada konnte bisher die in seinen Kraftwerken erzeugte elektrische Energie, trotz der seitens der kanadischen Provinz Ontario auf das weitzügigste angelegten Fernleitungs- und Verteilungsanlagen für 110000 V nur zu einem geringen Bruchteil ausnutzen. Es erlaubte gern die Stromausfuhr zum jenseitigen amerikanischen Ufer des Niagaraflusses. Tatsächlich waren ja auch die kanadischen Elektrizitätswerke zum überwiegenden Teile in amerikanischem Besitz oder zum mindesten in dem amerikanischer Tochtergesellschaften. Die außerordentlich

gesteigerten Anforderungen der elektrochemischen und elektrometallurgischen Industrie Kanadas veranlaßten jedoch die Regierung der Provinz Ontario des Staates Kanada Ende 1916 zu rücksichtslosem Ausfuhrverbot des elektrischen Stromes an die „befreundeten“ Amerikaner und verursachte hierdurch eine schwere Elektrizitätsnot in Buffalo, dem Hauptstromverbraucher kanadischer elektrischer Energie. So sehen wir zur Deckung der entfallenden Wasserkraft wenige Kilometer oberhalb der Niagarafälle ein Riesendampfkraftwerk entstehen, welches übrigens dank der Fortschritte der Großdampfturbinentechnik in wirtschaftlicher Beziehung zurzeit noch außerordentlich günstig gegenüber den Niagarafall-Wasserkraftwerken arbeiten wird.

Die Ausnutzung der Wasserkräfte in Italien[7]) und Frankreich[8]) bewährte sich auch im Jahre 1916. Umfangreiche Erweiterungen dürften infolge des herrschenden Kohlen- und Eisenmangels wohl kaum erfolgt sein. Italien war ja bereits vor dem Kriege mit Bezug auf Maschinen und Zubehör hydroelektrischer Kraftwerke zum überwiegenden Teil auf Einfuhr aus Deutschland, Österreich-Ungarn und der Schweiz angewiesen.

In Rußland[9]) wurde die ernstlich in die Wege geleitete Bestrebung der Ausnutzung der Wasserkräfte Finnlands zur Versorgung Petersburgs durch den Kriegsausbruch zum Stocken gebracht, dürfte aber sicherlich bei der außerordentlichen Bedeutung, welche ihr zukommt, bald nach Friedensschluß aufgenommen werden, insofern die politischen Verhältnisse zwischen Finnland und Rußland bei Eintritt des Weltfriedens die gemeinsame Ausnutzung der brachliegenden Wasserkräfte gestatten sollten. Auch hier sehen wir wieder die Bedeutung politischer Einigkeit für die friedliche Erzeugung elektrischer Energie unter Ausnutzung vorhandener Großwasserkräfte.

Trotz des Krieges war es der deutschen Elektroindustrie noch möglich, die für den schwedisch-norwegischen, russisch-finnischen Grenzbetrieb so wichtige Elektrisierung der Riksgränsenbahn[10]) durchzuführen. Sie bewährte sich im Jahre 1916 so gut, daß ihr weiterer Ausbau beschlossen wurde. Die Stromerzeugung für ihren Betrieb erfolgt bekanntlich durch das staatliche Wasserkraft-Elektrizitätswerk am Porjus. Das weitere staatliche schwedische Wasserkraftwerk Aelkarleby, wie das zuerst angelegte schwedische Großkraftwerk am Trolhättan-Fall[11]), trägt außerordentlich dazu bei, die Kohlennot Schwedens zu verringern. Auch Norwegen[12]), wo bisher der Unternehmungsgeist der Privatindustrie die größten Wasserkraftwerke errichtete, bereitet den beschleunigten Ausbau staatlicher Wasserkräfte und elektrischer Vollbahnen vor.

In der ganzen Welt drängt der soziale Fortschritt dazu, die rohe Menschenkraft nach Möglichkeit durch die Maschine zu ersetzen. Der sauberste Motor, gleichzeitig der beweglichste und vielseitigste ist aber der elektrische, und die billige Erzeugung und Verteilung elektrischen Stromes, welche ursprünglich nur für Beleuchtungszwecke erwünscht erschien, wird mehr und mehr für Kraftzwecke verlangt. Sie muß erzeugt werden unter möglichster Schonung der Bodenschätze, was seinerseits wieder zum weitgehendsten Ausbau geeigneter Wasserkräfte zwingt. Trotzdem zur Zeit vielleicht der Ausbau einer gegebenen Wasserkraft im Vergleich mit gleich leistungsfähiger Kraft, erzeugt durch Dampf oder Verbrennungsmotoren, unwirtschaftlich sein mag, können, wie der jetzige Krieg beweist, politische Rücksichten den Ausbau solcher Wasserkraftwerke dennoch rechtfertigen. Ein mehrjähriger Krieg mit seinen gesteigerten Brennstoffkosten, mit der Gefahr vollständiger Stillegung infolge Mangels an Brennmaterial ergibt wirtschaftliche Ausfälle, die durch einen zeitweilig etwas höheren Stromtarif bei weitem ausgeglichen werden. Dies um so mehr, als die Wasserkraftentwicklung ja fast stets gleichzeitig erfolgt mit einer mehr oder weniger großen Anzahl anderweitig volkswirtschaftlich wichtiger Arbeiten. Wasserlaufregelung und Wasseraufspeicherung dient dem allgemeinen Volkswohl durch Regelung der mittleren Wassermengen, also durch Sicherung gegen Hochwasser und Niederwasser, verhindert Versanden und Verschlammen der Flußmündungen, Erhöhung des Grundwertes der Anlieger und steigert das

Siedelungswesen. Aber auch auf die anliegende Industrie wirkt die Wasserlaufregelung befruchtend, sei es durch Gewährung sicherer Wasserkraft oder vorteilhafter elektrischer Triebkraft, welche es ermöglicht, die Bauten nicht unmittelbar am Wasser, sondern an anderen, billigere Fundamentierung ermöglichenden Stellen auszuführen.

Die Dampfkraft.

Der Dampfkraft verblieb auch während des Kriegsjahres 1916 ihre führende Rolle in der Elektrizitätserzeugung. Trotz erhöhter Brennstoffkosten, trotz der Transportschwierigkeit, welche die Zufuhr der erforderlichen Brennstoffe verursachte, blieb sie das gegebene Mittel, die Elektrizität in großen Mengen zu erzeugen, wenngleich man annehmen sollte, daß der Krieg und seine Not erfinderische Geister mobil gemacht hätte, die große Aufgabe zu lösen, ohne den Umweg über die Dampf- oder Verbrennungs-Kraftmaschine auf rein thermischem Wege Elektrizität im großen zu erzeugen. Als Wärmequellen verblieben die üblichen Brennstoffe: Kohle, Torf, Gas und Öle. Allerdings zwingt der Krieg zur gesteigerten Verwendung minderwertiger Brennstoffe. So gewinnt der Torf an Bedeutung, wo anderweitige Kohle nicht oder nur unter erheblichen Beschaffungs- und Beförderungsschwierigkeiten zu hohem Preise erhältlich ist. In Deutschland erwähnenswert ist das bedeutende Überlandkraftwerk Wiesmoor. Die Elektroosmose soll dabei helfen, die Entwässerung des Torfes zu beschleunigen und die Torfverbrennung schneller und wirtschaftlicher zu gestalten. Auch in Schweden und der Schweiz wird regierungsseitig die Torfausnutzung gefördert. Bei der Verwertung des Torfes stößt man wiederum auf die Frage der Zweckmäßigkeit, ob es sich empfiehlt, den Brennstoff direkt unter den Kesseln zu verfeuern oder vorher zu verkoken. Im Krieg geht man mehr und mehr dazu über, die hochwertigen Kohlen nicht direkt unter dem Kessel zu verbrennen, sondern sie erst zu verkoken. Die Gewinnung der vor dem Krieg als Nebenprodukte bezeichneten, während des Krieges so hochwertigen Stickstoffverbindungen, Benzole, Teer u. dgl. bilden jetzt einen maßgebenden Grund für die Verarbeitung der Kohle zu Koks. Die hohe Kokserzeugung in Verbindung mit dem auf die Gasanstalten ausgeübten Zwang des Krieges, mit heimischen Kohlen auszukommen, machen die Verwendung der großen Mengen von Koks und Koksgruß auch in den Elektrizitätswerken notwendig, welche an sich auf Koksverfeuerung nicht eingerichtet waren.[13]) Die Elektrizitätswerke mußten den Gaswerken den Koks abnehmen und die Gaswerke ihrerseits infolge geringerer Gasausbeute den Elektrizitätswerken einen großen Teil ihrer Abnehmer abgeben, welche elektrische statt Gasbeleuchtung einführten. Einen sehr guten Überblick über die Bedeutung der Leuchtgasgewinnung und Nebenproduktenerzeugung sowie der Elektrizitätsgewinnung im Ruhrbergbau gewährt ein Bericht von Jüngst[14]), der sich auf die Jahre 1903 bis 1914 erstreckt,

Die Großgasmotor-Kraftwerke im Anschluß an Hochöfen und Koksöfenanlagen haben während des Krieges zwar Brennstoff in genügender Menge, jedoch minderer thermischer Güte. Am schlimmsten sind die Kraftwerke daran, welche auf Rohölbetrieb angewiesen waren. Die Behandlung der Rohölfrage dürfte auch im kommenden Frieden zu besonderen Erörterungen Anlaß geben. Die Deckung des Inlandbedarfes wird zwar in geringerem Umfange aufrecht zu erhalten gesucht durch Steigerung der Förderung der heimischen Rohölgewinnungsstätten auch unter Heranziehung ölhaltiger Schiefervorkommen, dürfte aber erst grundlegend gewährleistet werden, sobald es gelingt, genügende Ölmengen durch geeignete Kohlendestillation zu gewinnen.

Die einzige neue Wärmekraftquelle, über welche im Krieg aus dem Ausland berichtet wird, bezieht sich auf die Ausnutzung der Erdwärme in vulkanischer Gegend Italiens, welche bereits vor dem Kriege bei einem kleinen Werke in sehr geringem Maßstabe versucht wurde und jetzt in größerem Maßstabe geplant

wird.[15]) Die wirtschaftliche Ausbeutung derartiger Wärmequellen wird einerseits scheitern an der Unsicherheit des vulkanischen Bodens, anderseits an der zerstörenden Wirkung der schwefelhaltigen Erdgas- und Wasserverbindungen, die alle zur Krafterzeugung verwendeten Metallteile innerhalb kurzer Zeit bis zur Betriebsunfähigkeit angreifen.

Bei der gesteigerten Konzentrierung der Elektrizitätserzeugung in Großkraft-Dampfwerken wird die Frage der Aufspeicherung der für längere Betriebszeit erforderlichen Brennstoffe mehr und mehr abgelöst durch die beim Bauen des Werkes zu erörternde Frage der Zweckmäßigkeit, das Kraftwerk unmittelbar oder in nächster Nähe der Brennstoffquelle zu errichten. Die bedeutendsten deutschen Großkraftwerke der Neuzeit liegen bei Kohlenbergwerken, so die Kraftwerke der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke, die Elektrizitätswerke Muldenstein und Mittelsteine, welche die preußisch-hessischen Staatsbahnen mit Strom versorgen. Trotz der Nähe der Kohlengruben wird auf große Wirtschaftlichkeit mit Bezug auf Brennstoffverbrauch, besonders aber auch mit Bezug auf Wasserverbrauch gerechnet werden müssen, und hier setzt die Arbeit des Dampfkessel- und Maschineningenieurs, des Chemikers, und tüchtigen Verwaltungsingenieurs sein.

[1]) »Die Windkraft«, »Modernes Leben auf dem Lande«, Druckschriften der Vereinigten Windturbinen-Werke G. m. b. H., Dresden A 36. »Windelektrizität« von Dr. Liebe, Verlag Paul Parey, Berlin. — [2]) ETZ 1916, S 85, 102. — El. Kraftbetr. 1916, S 221. — [3]) El. Kraftbetr. 1916, S 59, 212. — [4]) El. Kraftbetr. 1916, S 144; 1913, S 194. — Glasers Ann. Bd 79, S 105, 123, 139. — [5]) El. Kraftbetr. 1916, S 73. — ETZ 1916, S 471. — [6]) El. Kraftbetr. 1916, S 226. — [7]) ETZ 1916, S 431. — [8]) El. Kraftbetr. 1916, S 226. — [9]) ETZ 1916, S 220. — Electr. (Ldn) Bd 76, S 505. — [10]) El. Kraftbetr. 1916, S 97, 155. — [11]) El. Kraftbetr. 1916, S 227 — [12]) El. Kraftbetr. 1916, S 124. — Engineering Bd 100, S 372. — [13]) El. Kraftbetr. 1916, S 225, 357. — Z. Ver. D. Ing. 1916, S 869. — Mitt. Ver. EW 1916, S 153, 283, 374. — [14]) Glückauf 1916, Nr 40. — El. Kraftbetr. 1916, S 357. — [15]) Engineering Bd 102, S 487.

Einrichtungen des Kraftwerkes.

Von Ingenieur Eugen Eichel.

In den seltensten Fällen war es den Elektrizitätswerken möglich, einen größeren Bruchteil der alten, sachverständigen Bedienungsmannschaft für die Fortführung des Werkbetriebes zurückhalten zu können. Der Krieg erforderte Krieger, die Krieger aber verlangten Waffen. Die Waffen- und Munitionsfabriken verlangten um so mehr Licht und Kraft aus öffentlichen Elektrizitätswerken, je schwieriger sich die Kohlenversorgung eigener Kraftanlagen gestaltete. So mußten die Leiter der Elektrizitätswerke mit weniger und ungeübter Bedienung unter Verwendung ungewohnter Brennstoffe und vieler Kriegsersatz-Bedarfsstoffe den Betrieb so fortsetzen, daß ihre Stromabnehmer und Geldgeber in gleicher Weise befriedigt waren. Dies war immer mehr nur durch und mit der Maschine zu erreichen. Die Brennstoffzufuhr, Verteilung, Zerkleinerung und Mischung, die Abfuhr der Brennstoffrückstände gaben Gelegenheit, die vorhandenen maschinellen Förder- und Transporteinrichtungen in großem Maßstabe auszunutzen und auf Zweckmäßigkeit des Entwurfes zu prüfen oder zu erweitern. Die an sich teuren Einrichtungen machten sich während des Krieges besonders gut bezahlt und ermöglichten schnelles Entladen, also hohe, bei dem Wagenmangel so außerordentlich wichtige Geschwindigkeit des Umschlages der Massengüter. Die Bestrebungen wurden unterstützt durch den Bau von Rampen aller Art, die Bemühungen, Wagen mit Selbstentladevorrichtungen zu verwenden, die sich besonders in Amerika schon seit vielen Jahren großer Beliebtheit erfreuen. Sondertransportwagen der Bahn und Sonderhebezeuge im Werk beschleunigen auch das Verfahren und Einbauen der großen Maschinen-

einheiten, die bei ihrer ständig wachsenden Einzelleistung immer unhandlicher werden und immer größere Schwierigkeiten in der Handhabung bis zur endgültigen Aufstellung verursachen.

Nicht nur beim Aufbau, sondern vielleicht in noch wachsender Bedeutung zur inneren Besichtigung der Großmaschinen, zum Ausbessern beschädigter Maschinenteile sind leistungsfähige Hebezeuge in jedem bedeutenden Kraftwerk unentbehrlich. Erleichtert wird der Bau der Hebezeuge und ihre Leistungsfähigkeit gesteigert durch den Antrieb mittels des stets betriebsbereiten, leicht regelbaren, elektrischen Motors, der überall im Hilfsbetrieb des Kraftwerkes zweckentsprechende Dienste leistet, sei es zum Antrieb selbsttätiger Roste, sei es zum Antrieb der Gebläse für die künstliche Luftzufuhr wie auch für die Kesselspeisung selbst. Hier wird er allerdings vielfach als Beihilfe dienen, während die Betriebskesselspeisung durch kleine Dampf-Turbopumpen-Einheiten erfolgt. Der Abdampf der Dampfturbine ist ja vielfach erwünscht zum Erwärmen des Speisewassers der Hauptkraftmaschine, dessen Temperatur infolge der hochgetriebenen Luftleere in den Kondensatoren sehr niedrig ist. Die Reinigung und Entölung des für Speisezwecke verwendeten Wassers erfordert besondere Aufmerksamkeit. Die Wasserreinigung gestaltete sich schwieriger mit fortschreitendem Mangel an geeigneten Chemikalien, besonders Soda. Die Wiedergewinnung des Öles aus dem Kondenswasser erforderte besondere Aufmerksamkeit, nicht nur der Schonung der Kessel wegen, sondern auch zufolge der Knappheit und des hohen Preises aller Schmierstoffe. Der Kesselraum bietet auch jetzt noch die beste Gelegenheit, die Wirtschaftlichkeit des gesamten Kraftwerkes zu erhöhen. Selbsttätige Zug- und Temperaturregler[1]) halb- und ganzselbsttätige Kesselspeisevorrichtungen, Warnvorrichtungen aller Art fallen in dieses Gebiet; in Großanlagen erfolgt eine genaue Analyse der Betriebseinzelheiten durch Einbauen von Kontrollapparaten aller Art, zum Teil mit Selbstschreibeeinrichtung, neben einer ständigen Beaufsichtigung der für die Feuerung maßgebenden Einzelheiten. Das Kesselhaus des neuen Kraftwerkes ist bereits beim Bauentwurf so durchdacht, daß Betriebsfehler nach Möglichkeit ausgeschlossen werden.[2])

Von besonderer Wichtigkeit ist neben den Einrichtungen zum Speichern, Zerkleinern, Mischen, Abwiegen, Umlagern und Verfahren des Brennmaterials zu den Kesseln die Anordnung der Rauchgaskanäle zu den Schornsteinen oder Luftejektoren, welche den u. U. durch maschinelle Einrichtungen regelbar gestalteten Zug herbeiführen. Hier handelt es sich einerseits um die wirtschaftliche Verfeuerung des Brennstoffes, geringe Wärmeverluste durch Zwischenschaltung geeigneter Speisewasservorwärmer und schließlich um das Vermeiden von Hohlräumen, innerhalb deren sich gefährliche Gasansammlungen bilden können, die besonders bei ungewohnt gashaltigem Brennmaterial, z. B. besonderen Braunkohlensorten, Briketts u. dgl., während des Anfeuerns zu gefährlichen Explosionen Anlaß geben können. Sicherheitsventilklappen gegen Gasüberdruck sind an besonders gefährdeten Stellen der Rauchgasführung einzubauen. Die sachverständige Überwachung der Betriebsmannschaft, welche sich bereits im Friedensbetrieb durch Kohlenersparnis und Vermeidung schwerwiegender Reparaturen bezahlt machte, ist im Kriege von noch größerer Wichtigkeit geworden, da ja leider der überwiegende Teil gut eingefahrener Kesselhausmannschaften dem Friedensdienst entzogen ist. Dieser Umstand trifft vielleicht in überwiegend höherem Maße Kleinkraftwerke, auch solche mit ortsfesten Lokomobilen, bei denen in Friedenszeit ein gewissenhafter guter Führer als „Mann für alles“ seinen Dienst gut ausüben konnte. Die Kesselüberwachungs- und Revisionsvereine üben jetzt mehr vaterländischen als rein wirtschaftlichen Dienst aus durch gewissenhafte Prüfung der Dampfanlagen auf Grund der langjährigen Übung und Erfahrung des vorhergegangenen Friedensdienstes und durch sorgfältiges Ausbilden von Kriegsbeschädigten zu Kesselwärtern, Heizern u. dgl.

Wie im allgemeinen Kesseldienst erweist sich besonders auch im Kriege systematische, durch gute Vordrucke und Organisationspläne unterstützte laufende Arbeit als besonders vorteilhaft zur Fortführung der Betriebe mit neuem, ungeübtem Bedienungspersonal. Die Arbeitsfreudigkeit der Leute wird gesteigert durch öffentlich ausgehängte graphische Darstellung der Ergebnisse ihres Fleißes und gehoben durch zweckentsprechende Gestaltung der Dienst- und Erholungsräume. Helle, luftige, mit leicht abwaschbarem Baumaterial ausgelegte Räume werden schon längst trotz etwas teurerer Anlagekosten sowohl für die Kesselräume und Keller wie für die Maschinenräume verlangt. Die gute Lüftung der Räume gewinnt immer höhere Bedeutung durch die Steigerung der Überhitzung des Dampfes und die weitgehende Ausnutzung der Maschinenbaustoffe in schnellaufenden Maschinen, deren Strahlungsoberfläche nicht mehr genügt, um mit natürlicher Kühlung auszukommen. So ist neben der Raumlüftung die Lüftung von Arbeits- und Kraftmaschinen ein Sondergebiet geworden, welches auch im Kriege besondere Fortschritte machte unter dem Druck der Notwendigkeit, die zum Reinigen der Kühlluft bisher verwendeten feuergefährlichen Filtertücher aus Baumwoll-Gespinststoffen wirkungsvoll zu ersetzen durch anderweitig verfügbare Anordnungen. Die Wasserreinigung und -kühlung der Kühlluft, welche als solche recht vorteilhaft arbeiten soll, ist ja nur dort anwendbar, wo genügende Mengen reinen Wassers wohlfeil zu haben sind. Diese Wasserfrage ist von ebenso brennender Wichtigkeit für die Kesselspeisung wie die Kondensationsanlagen, und auch bei ihnen ist die Technik bemüht, durch vorbeugende Maßnahmen der Kühlwasserreinigung das Verschlammen der Kondensatoren zu vermindern, und wo dies nicht möglich ist, die Kondensatoren so zu gruppieren, daß das Reinigen ohne Unterbrechung des Betriebes sich auf Teile der Anlage beschränkt. All diese Nebenanlagen wachsen sich zu großen Sonderanlagen aus bei den Riesenkraftwerken, wie sie zum Teil für die Versorgung der Großstädte, ganzer Kreise und Provinzen bereits bestehen oder für die nächste Zukunft geplant werden; für großindustrielle Betriebe, besonders der metallurgischen und elektrochemischen Industrie, über die nach dem Kriege des besonderen zu berichten sein dürfte. Erwähnt mag allerdings werden, daß, während im Jahrbuch 1915 darauf hingewiesen werden konnte, daß ernstlich der Bau von Turbodampfmaschineneinheiten von 50000 bis 60000 kW Einzelleistung in Erwägung gezogen sei, solche Maschinen im Berichtsjahre trotz des Krieges von unserer heimischen Großindustrie, der A. E. G.[3]) und den SSW auch für die hohe Umlaufzahl von 1000 Umdr./min ausgeführt wurden. Den hohen Stand der Technik beweist auch der Bau von Drehstrom-Turbogeneratoren für 10000 bis 12500 kVA, 3000 Umdr./min und direkte Erzeugung einer Klemmspannung von 10000 V. Hohe Dampfspannung und hohe elektrische Spannung, hohe Umlaufszahl der Maschinen sind die Zeichen des Fortschrittes in der Metallurgie und im Maschinenbau, besonders in der Elektrometallurgie und im Elektromaschinenbau, welch letztere, sich gegenseitig fördernd, die Rohstoffe erzeugen und verarbeiten, die es ermöglichen, die rohen, ungebändigten Naturkräfte und Schätze unter Verursachung geringster Verluste in nützliche Energie umzuwandeln. Der Krieg hat uns gelehrt, in der Materialverwendung und Ausnutzung vom Üblichen abweichende Wege zu gehen und mit edleren Metallen haushälterisch zu arbeiten. Eisen und Zink ersetzen Kupfer und Aluminium in steigendem Maße. Auch die Zinnlegierungen konnten zum größten Teil durch andere Metalle oder konstruktive Umänderungen ersetzt werden. Der ganze Schalttafelanlagenbau, das Herz des Elektrokraftwerkes steht unter dem Zeichen des Sparmetallersatzes. Eine ausgezeichnete Übersicht über den Ersatz der Sparstoffe in der Elektrotechnik gab Dettmar auf der Jahresversamlung des VDE in Frankfurt a. M.[4]) Merkwürdig ist die wirtschaftliche Gestaltung, daß in den Anlagen der Mittelmächte Sparmetalle wegen Metallknappheit geschont werden müssen, während in den anderen Staaten die hohen Kupferpreise und die Aluminiumknappheit gleiche Sparsamkeit erzwingen. Während wir Zink bekanntlich reichlich be-

sitzen, mangelt uns genügende Kupfererzausbeute, und erfolgte die Erzeugung von Aluminium fast ausnahmslos im Ausland. Die Aluminiumerzeugung dürfte jedoch nach den verlautbarten Plänen alsbald auch in Deutschland in großem Umfange erfolgen, und zwar aus billigen heimischen Tonerden, teilweise unter Ausbeutung vorhandener Wasserkräfte, teilweise unter Ausnutzung minderwertiger Brennstoffe in Verbindung mit Elektro-Großkraftwerken, die für die Elektroindustrie lohnende Aufträge bieten dürften. Sehr umfangreiche und eingehende Arbeiten erfolgten auch zur Verwirklichung der Möglichkeit, Waschberge der Kohlengruben und sonstige minderwertige Brennstoffe unter Wiedergewinnung wertvoller Nebenerzeugnisse, wie Schwefel, Ammoniaksulfat, Teer und seiner Öle, zu vergasen und die gewonnenen Gase in Groß-Gasmaschinen auszunutzen. Der Kampf zwischen Groß-Gasmaschine und Groß-Turbodynamo dreht sich im wesentlichen um wirtschaftliche Fragen, nachdem es gelungen ist, auch den Großgasmaschinen-Betrieb technisch einwandfrei zu gestalten. Allerdings verteuert sich der Betrieb der Großgasmaschinen-Anlage bedeutend durch die Notwendigkeit, die Gase einer gründlichen Reinigung zu unterziehen, um häufige kostspielige Reinigungsarbeiten an Zylindern und Ventilen zu erübrigen. Wesentlich und im Krieg erschwert ist die Beschaffung und Verwendung mechanisch und chemisch gut gereinigten Kühlwassers, guter Schmierstoffe, Dichtungen und Packungen. Die kleine Verbrennungsmaschine, der Ölmotor ist ebenfalls technisch hoch entwickelt. Sein edelster Vertreter im Kleinkraftwerk ist wohl die Maschinenanlage des Unterseebootes, die sich allerdings bei den neueren Typen bis zu Leistungen erhöht hat, von denen man schon kaum mehr als richtige Bezeichnung die des Kleinkraftwerks gelten lassen kann. Einen kleinen Einblick in die Leistungsfähigkeit und in den, aus vaterländischen Gründen, geheim gehaltenen Bau dieser, unsere Technik mit besonderem Stolz erfüllenden Fahrzeuge boten die von der ganzen Welt mit Bewunderung begrüßten erfolgreichen Fahrten des Handelsunterseebootes »Deutschland« zwischen Deutschland und Amerika.[5]) Die ganze Wirtschaftsrichtung der Welt deutet mehr und mehr auf die Entwicklung von Großkraftwerken hin. Auf der Jahresversammlung des VDE in Frankfurt am Main, dem Vorort, der für 1916 gewählt wurde in Erinnerung an die vor 25 Jahren dort stattgehabte Internationale elektrotechnische Ausstellung unter dem Vorsitz des Altmeisters der Elektrotechnik Werner v. Siemens in Frankfurt, dem Ausgangspunkt der sich bereits im Jahre 1891 über die Länder Württemberg, Baden, Hessen und Preußen erstreckenden ersten Vorführung einer praktisch arbeitenden elektrischen Hochspannungs-Kraftübertragung (300 PS mit 15000 bis 30000 V über 170 km Entfernung[6]) wurde das elektrische Großkraftwerk, die elektrische Großwirtschaft unter staatlicher Mitwirkung von Klingenberg, Passavant, Laudien, Zander auf breiter Grundlage erörtert.[7]) Vgl. S 69, 70, 71. Die Meinungsverschiedenheiten wachsen über die technischen in die politischen Fragen hinein, ob die Städte, Kreise, Provinzen, einzelnen Bundesstaaten oder das Deutsche Reich die Elektrizität für obengenannte bisherige Selbsterzeuger in Großkraftwerken erzeugen und ihnen zur Verteilung überlassen soll. Die Schwierigkeiten sind technisch-wirtschaftlicher Natur und kommen im wesentlichen darauf hinaus: „Was geschieht mit den vorhandenen, noch nicht amortisierten kleinsten, kleineren und zum Teil auch bereits recht großen Werken?“ Eine langjährige Übergangswirtschaft wird hier einsetzen müssen, die vorhandenen Werke je nach Alter und Güte der Ausrüstung zur Spitzendeckung ausnutzen, als Reserve bei Störungen in den Großkraftwerken beibehalten oder auch nach und nach stillegen. Erweiterungen bestehender Kleinkraftwerke sollten höchstens durch Zusammenlegen von Einzelwerken erfolgen. Bestechend für das Beibehalten vieler kleinerer städtischer elektrischer Betriebe ist die zunehmende Zentralisierung vieler städtischer technischer Kleinbetriebe, z. B. neben den elektrischen Kraftwerken und Bahnen, der Gas- und Wasserwerke, sowie Kanalisation, der Schlachthäuser mit ihren Kühlanlagen, Kadaver- und Müllverbrennungsanlagen usw., die sich gegenseitig beim Bezug und Verbrauch von

Brennstoff, Wasser, Gas, Dampf, elektrischem Strom, Schmierstoff und Abfallprodukten ergänzend ausgleichen. Nun geht aber auch bereits bei der Gas- und Wasserversorgung sowie der Fleisch- und sonstigen Nahrungsmittelversorgung Technik und Wirtschaft ebenfalls mehr und mehr zu Zentralisierungen im Großbetriebe über, wie die Überlandgaswerke und Wasserwerke, die Zentralviehhöfe und Kühlhallen der Großstädte und der Industriebezirke Rheinland-Westfalens und Schlesiens beweisen. Ingenieur und Volkswirt stehen daher vor der Lösung weittragender Aufgaben, deren Erörterung bereits im Jahre 1916 in beteiligten Kreisen großen Umfang annahm und auf die weitere Gestaltung des Kratfwerkbaues von einschneidender Bedeutung sind.

[1]) Z. Ver. D. Ing. 1916, S 306, — [2]) Z. Ver. D. Ing. 1916, S 933, 960, 1074. — [3]) El. Kraftbetr. 1916, S 355. — [4]) ETZ 1916. S 561, 673, 612. — [5]) Z. Ver. D. Ing. 1916, S 761. — [6]) ETZ 1916, S 453, 461. — [7]) ETZ 1916, S 297, 314, 328, 343, 409, 486, 577, 605, 709. — El. Kraftbetr. 1916, S 198, 209, 221, 282, 375.

Ausgeführte Anlagen und Statistik der Elektrizitätsversorgung.

Von Dr. Br. Thierbach.

Deutschland.

Über ausgeführte Anlagen ist im Jahre 1916 naturgemäß wenig berichtet worden, da jede Bautätigkeit auf das äußerste eingeschränkt werden mußte. Über die großen, in den einzelnen Teilen und Staaten Deutschlands schwebenden Projekte liegen indes zahlreiche Veröffentlichungen vor. Hierüber wird auf S 69 bis 72 berichtet.

Mitteldeutschland. Die im vorigen Jahrbuche bereits erwähnte Ergänzung der staatlichen Kraftwerke an der Edertalsperre durch den Ausbau der Mainkraftwerke ist im Berichtsjahr weiter fortgeschritten, indem durch einen diesbezüglichen, dem preußischen Abgeordnetenhause am 27. 2. zugegangenen Gesetzentwurf 6,2 Mill. M bewilligt worden sind[1]). Die Mainkraftwerke können jährlich die Werke des Wesergebietes mit etwa 2 Mill. kWh unterstützen. Die drei Kraftwerke werden eine mittlere Leistung von 3800 kW haben. 16 Mill. kWh sollen jährlich zu einem Durchschnittspreise von 4 Pf abgegeben werden[2]). Über die bereits ausgeführten Anlagen der Möhnetalsperre gibt Treiber[3]) einen Bericht, bei dem er insbesondere die Beziehungen zu dem wasserwirtschaftlichen Hauptzwecke der Talsperre und die Bedeutung als Spitzenkraftwerk schildert und eine Beschreibung der Wasserbauten und maschinellen Anlagen gibt.

Preußen. Der preußische Staat hat die Elektrizitätsversorgung auch in diesem Jahre wie bisher den Provinzialverwaltungen überlassen. Einen besonders auch im Hinblick auf die Versorgung von Groß-Berlin sehr wichtigen Beschluß hat der Provinziallandtag von Brandenburg im März 1916 gefaßt. Es ist ein Zusammengehen der Provinz, der staatlichen Eisenbahnverwaltung und des Märkischen Elektrizitätswerkes beschlossen worden; die Eisenbahnverwaltung schließt mit der Provinz einen Stromlieferungsvertrag, und die Provinz übernimmt die Mehrheit des Aktienbesitzes des Märkischen Elektrizitätswerkes und der Berliner Vorort-Elektrizitätswerke[4]). Im Hinblick hierauf wird auch eine kurze, mit Abbildungen versehene Beschreibung des Märkischen Elektrizitätswerkes von Interesse sein[5]).

Von den größeren Einzelanlagen verdient eine ausführliche Beschreibung mit Abbildungen und Lageplänen über die elektrischen Anlagen der Gewerkschaft des Steinkohlenbergwerkes Vereinigte Wellheim im Oberbergamtsbezirk Dortmund[6]) Erwähnung.

Ausland.

Über ausländische Anlagen kann im diesjährigen Jahrbuche kein vollständiges Bild gegeben werden, da die ausländischen Zeitschriften auch aus den befreundeten und sog. neutralen Ländern, z. B. Amerika, nur äußerst unregelmäßig eingingen.

Skandinavien. Über die Fortschritte der Eisenerzeugung mit Hilfe der Elektrizität in den skandinavischen Ländern liegt ein Bericht vor.[7])

An Hand eines Berichtes der Wasserfalldirektion Schwedens wird gezeigt, in welcher Weise diese Behörde als Besitzerin zweier staatlicher Wasserkraftwerke die Stromlieferungen an die auf dem Lande wohnenden Abnehmer organisiert hat[8]).

Im europäischen **Rußland** werden die Wasserkräfte auf 10 Mill. kW geschätzt, von denen im Jahre 1910 aber nur etwa 187000 kW ausgenutzt wurden. Die hauptsächlichsten Wasserkräfte befinden sich in Finnland, im Kaukasus und im Uralgebiet; die Stromschnellen der westlichen Düna allein könnten 90000 kW hergeben[9]).

Aus **Spanien** liegt eine ausführliche Beschreibung mit vielen Bildern des Wasserkraft-Elektrizitätswerkes am Gandora vor[10]), aus **England** eine solche der Kraftwerke und der Unterstationen der neuen Vorortbahnlinien von Manchester[11]).

Frankreich. Die frühere und jetzige Elektrizitätsverteilung von Paris wird in einer eingehenden, mit Kurven und Lageplänen ausgestatteten Abhandlung geschildert[12]). Die Wasserkräfte Frankreichs werden nach einer kurzen Notiz auf 7,5 Mill. kW geschätzt, von denen bisher etwa 500000 kW nutzbar gemacht sind[13]).

Die Wasserkräfte **Italiens** sind in einem bei Roger, Paris, erschienenen Buche, L'Italie au travail, behandelt[14]).

Aus **Asien** liegen Beschreibungen der Stromversorgung Tokios vor mit Kartenskizze des neuen Kraftwerkes am Kasurafluß. Vier liegende Francissche doppelte Spiralturbinen für 143 m Nutzgefälle sind mit Drehstromdynamos für 7000 kW gekuppelt. Die doppelte Fernleitung nach dem 85 km entfernten, vor der Stadt gelegenen Unterwerk ist auf Fachwerkmasten verlegt. Die Übertragungsspannung beträgt 75000 V[15]).

Eine zweite mit Abbildungen versehene Beschreibung behandelt das Wasserkraftwerk am Abflusse des Inawaschiro-Sees; das Werk überträgt Drehstrom mit einer Spannung von 115000 V auf 232 km nach Tokio und besitzt eine Leistungsfähigkeit von 46660 kVA[16]).

Aus **Amerika** steht nur wenig Material zur Verfügung, weil die dortigen Zeitschriften sehr unregelmäßig herüberkommen. In Mexiko ist unter Überwindung der sehr schwierigen klimatischen Verhältnisse eine Kraftübertragungsanlage von 70 kV für größere Bergwerksanlagen geschaffen worden, und zwar am Abflusse des größten mexikanischen Sees, des Lago de Chapala, der einen gewaltigen Stauweiher mit einer Fläche von 35 × 38 km bildet. Eine mit zahlreichen Abbildungen versehene Beschreibung dieses Werkes liegt vor[17]).

Mittel- und Süd-Chile gehören neben Schweden, Norwegen und der Schweiz zu den an Wasserkräften reichsten Ländern der Welt. Die ewigen Gletscher der das ganze Land durchziehenden Kordilleren bergen unerschöpfliche Kraftquellen. Die größte der bisher ausgebauten Anlagen ist die Florida-Anlage, die zur Versorgung der Stadt Santiago mit Licht und Kraft dient und Überlandnetze für landwirtschaftliche Zwecke speist. Die Anlage gehört, wie auch die Elektrizitätswerke von Buenos-Aires, Mendoza und Valparaiso, der Deutsch-Überseeischen Elektrizitäts-Gesellschaft. Ein Aufsatz mit zahlreichen Bildern ist erschienen[18]).

Von den größeren Einzelanlagen in Chile werden die elektrische Versorgung der Eisenminen von Bethlehem[19]) und diejenigen der in einer Höhe von 2740 m über dem Meere liegenden Kupfergruben in Chuquicamata[20]) beschrieben. Ein

besonderer Artikel ist der Fernleitungsanlage für 110 kV des letztgenannten Unternehmens gewidmet[21]).

Zu den größten Kraftanlagen der Vereinigten Staaten gehört diejenige der Utah Power and Light Company, die insgesamt eine Maschinenleistung von 120000 kW aufweist. Sie umfaßt vier große Wasserkraftwerke, von denen drei das Gefälle des Lear River ausnutzen. Eine dieser Kraftstationen in Grace ist unlängst vergrößert worden. Der in den Salzsee strömende Fluß besitzt in Bear Lake einen natürlichen Stauweiher von 280 km², von dem Gefälle werden 160 m ausgenutzt. Das Wasser wird durch eine teils aus Holzrohren, teils aus Stahlrohren von 2,4 bzw. 3,3 m Durchmesser bestehende Leitung von 8 km zugeführt. Die Turbinen leisten normal 12000 kW und treiben Generatoren für 11000 kW bei 90% Leistungsfaktor an. Hauptabnehmer sind große Farmen und ausgedehnte Bewässerungsanlagen in Utah[22]).

Statistik.

Die Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke ist und zwar für 1914/15 auch in diesem Jahr, wenn auch etwas verspätet, erschienen; eine Zusammenstellung der Hauptergebnisse in acht Tabellen findet sich in den Mitteilungen der Vereinigung[23]). Ausführlicher werden die Resultate von Hoppe[24]) behandelt.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat in diesem Jahre keine Statistik erscheinen lassen. Die Überlandzentralen im Lichte der Statistik behandelt Tschernoff[25]) in mehreren Abhandlungen. Auch liegt eine zusammenfassende Besprechung der verschiedenen Untersuchungen über die Elektrizitätswerksbetriebe im Lichte der Statistik vor[26]).

Von den Statistiken fremder Länder sind zu erwähnen diejenigen von Holland[27]) 1913/14, Schweiz[28]), Dänemark[29]), Norwegen[30]) und den Vereinigten Staaten von Amerika in den Kriegsjahren[31]).

[1]) Elektrizität 1916, S 184. — [2]) ETZ 1916, S 195. — [3]) Treiber, ETZ 1916, S 155, 167. — [4]) ETZ 1916, S 301. — [5]) Mitt. BEW 1916, S 131. — [6]) ETZ 1916, S 509, 521, 537, 565. — [7]) ETZ 1916, S 641. — [8]) ETZ 1916, S 698. — [9]) ETZ 1916, S 220. — [10]) Z. Ver. D. Ing. 1916, S 381, 421, 468. — [11]) El. Masch.-Bau 1916, S 605. — [12]) ETZ 1916, S 233. — [13]) El. Kraftbetr. 1916, S 226. — [14]) ETZ 1916, S 431. — [15]) ETZ 1916, S 657. — El. World Bd 66, S 910. — [16]) ETZ 1916, S 5. — [17]) ETZ 1916 S 57. — [18]) El. Kraftbetr. 1916, S 157. — [19]) Gen. El. Rev, 1916, S 995. — [20]) El. Kraftbetr. 1916, S 274. — [21]) El. Kraftbetr. 1916, S 327, 337. — [22]) El. Kraftbetr. 1916, S 124. — [23]) Mitt. Ver. EW 1916, S 238. — [24]) Hoppe, Mitt. Ver. EW 1916, S 134. — [25]) Tschernoff, El. Anz. 1916, S 550. 565, 583, 602. — [26]) El. Masch.-Bau 1916, S 473. — [27]) ETZ 1916, S 336. — El. Anz, 1916, S 112. — [28]) ETZ 1916, S 248. — El. Kraftbetr. 1916, S 73. — [29]) ETZ 1916, S 643. — El. Anz. 1916, S 249. — [30]) ETZ 1916, S 137. — [31]) ETZ 1916, S 320.

V. Elektrische Beleuchtung.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. Berthold Monasch.

Beleuchtungsanlagen.

Allgemeines. Im September 1916 hielt die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft ihre dritte Jahresversammlung in Nürnberg ab. Nach einer Aussprache über Nomenklatur und über die Sommerzeit in einer geheimen Sitzung wurden in öffentlicher Sitzung folgende Vorträge gehalten: „Die Technik der Kathodenstrahlen von Dr. K. Norden (s. S 201).“ „Die Grenzen der Lichterzeugung durch Temperaturstrahlung, das sog. mechanische Äquivalent des Lichtes und die jetzt gebräuchlichen Glühlampen“ von Dr. A. Meyer (s. S 90). „Fabrikbeleuchtung“ von Dr.-Ing. Halbertsma (s. S 87)

und „Die Beleuchtungstechnik, eine systematisch-kritische Betrachtung" von Dr.-Ing. Monasch[1]). In letzterem Vortrage wurde Umfang und Inhalt des Begriffes Beleuchtungstechnik erörtert und darauf hingewiesen, daß zur Förderung beleuchtungstechnischer Kenntnisse der Hochschulunterricht auf diesem Sondergebiete besser ausgestaltet werden müsse, daß die Architekten, Beleuchtungskörperfabrikanten, Augenärzte, Hygieniker, Gewerbeinspektoren usw. Anschluß an die Beleuchtungstechnik suchen müßten.

Direktes und indirektes Licht. Heyck[2]) weist darauf hin, daß es bisher nicht klar gehandhabt wurde, ob man praktisch den Begriff „indirekt" auf die Lichtquelle im engeren Sinne beziehen soll oder auf die Lampe als Ganzes, die Lampe mit Armatur, und macht Definitionsvorschläge zur Klärung der Verwirrung. Ferner schlägt Heyck vor, den unklaren Ausdruck „halbindirektes Licht" fallen zu lassen und statt dessen von „vorwiegend direktem" oder „vorwiegend indirektem Licht" zu sprechen.

Fehlerhafte elektrische Beleuchtungsanlagen behandelt Halbertsma[3]). Von dem Grundsatze ausgehend, daß jede fehlerhafte Beleuchtungsanlage, die das erzeugte Licht mangelhaft ausnutzt, eine ständige Verlustquelle ist, da sich die gleiche Beleuchtung durch richtig benutzte Lampen von kleinerer Lichtstärke erzielen läßt, erörtert Halbertsma die wesentlichsten Grundsätze der Beleuchtungstechnik und die häufigsten Verstöße gegen sie. Ferner weist er an Hand von Diagrammen an verschiedenen Arten von Reflektoren (Holophanglocken, emaillierter halbkugelförmiger Reflektor und emaillierter kegelförmiger Reflektor) nach, welchen Einfluß die unrichtige Stellung der Lichtquelle im Reflektor auf die erzielte Beleuchtung haben kann.

Straßenbeleuchtung. Suchanek[4]) beschreibt eine Fernschaltungsart, welche das Ein- und Ausschalten der elektrischen Straßenbeleuchtung von einer Schaltstelle aus ermöglicht, wobei beliebig viele Speisestellen im Stadtgebiet bestehen können. Durch diese Art der Fernschaltung wird ein jederzeitiges Aus- bzw. Einschalten der elektrischen Straßenbeleuchtung ermöglicht. An Hand mehrerer Schaltpläne werden die verschiedensten Möglichkeiten erläutert. Tinson und Diggs[5]) beschreiben eine Straßenbeleuchtungsanlage, bei der Wolframlampen in Reihenschaltung verwendet werden. Wentzke[6]) beschreibt die elektrische Straßenbeleuchtung in Dresden. Nach einer eingehenden geschichtlichen Darstellung der Beleuchtung Dresdens von 1685 an wird mitgeteilt, daß gasgefüllte Wolframlampen von 2000 HK heute die befriedigendsten Ergebnisse liefern.

Fabrikbeleuchtung. Halbertsma[7]) wies auf der Nürnberger Sitzung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft darauf hin, daß die Bedeutung der Beleuchtung in Fabriken und anderen gewerblichen Arbeitsstätten gewöhnlich bisher unterschätzt wurde. Vielfach zeigt sich selbst in Fabriken, die mit modernen Einrichtungen und Maschinen ausgestattet sind, daß die Beleuchtung weder in technischer, noch in wirtschaftlicher, noch in hygienischer Beziehung niedrig gestellten Anforderungen genügt. Die Leistungsfähigkeit des Arbeiters ist, sowohl was die Menge als auch die Güte des Arbeitserzeugnisses anbetrifft, eine Funktion der Beleuchtung. Ein Punkt, der bisher auch wenig Beachtung fand, ist die Untersuchung des Einflusses der Beleuchtung auf die Betriebsunfälle. Eine ganze Reihe von Unfällen wird durch fehlende oder mangelhafte Beleuchtung verursacht. In den Statistiken der Berufsgenossenschaften sind allerdings Feststellungen hierüber noch immer zu vermissen. An Hand einer Kurve von Simpson, welche die Ergebnisse einer Statistik einer großen amerikanischen Versicherungsgesellschaft darstellt, wird gezeigt, daß unter den Unfällen, die im Jahre 1910 in industriellen Betrieben erfolgten, 24% entweder direkt oder indirekt durch mangelhafte Beleuchtung verursacht waren. Die Zunahme der Unfälle in den Wintermonaten ist ebenfalls in vielen Fällen auf mangelhafte Beleuchtung zurückzuführen. — Clewell[8]) bespricht die Grundlagen zu einer gesetzlichen Regelung der Beleuchtung von Fabriken und anderen Arbeitsräumen, insbesondere die von der Amerikanischen und die von der

Englischen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft aufgestellten Grundsätze.

Bahnhöfe. Täuber[9]) erörtert die Ursachen der wirtschaftlichen Überlegenheit der elektrischen Beleuchtung von Bahnhöfen gegenüber anderen Beleuchtungsarten. Die zugunsten des elektrischen Lichtes sich ergebende Betriebskostenersparnis ist bei der Weichen- und Signalbeleuchtung nicht in dem Umfange möglich. Im Zusammenhang mit der Verbilligung der elektrischen Energie aus den Überlandwerken werden die Verringerung der Betriebssicherheit in der Stromversorgung der Bahnhöfe sowie Vorsichtsmaßnahmen gegen eintretende Störungen besprochen.

Zugbeleuchtung. Schmidt[10]) stellt die elektrischen Zugbeleuchtungssysteme unter besonderer Berücksichtigung des gemischten Betriebssystems zusammen. Das Einzelwagen-Beleuchtungssystem mit Achsantrieb der Dynamo hat in Europa die größte Verbreitung gefunden und ist auch bei den amerikanischen Bahnen bei weitem vorherrschend.

Kirchenbeleuchtung. Powell und Thompson[11]) beschreiben die Beleuchtungseinrichtung einer Kirche, bei welcher die Beleuchtungskörper dem Auge verborgen bleiben.

Theater. Eine Beleuchtungseinrichtung für die Vorführungsräume von Kinematographenbildern, die der Forderung genügen müssen, daß der Zuschauerraum erleuchtet wird, während der zur Vorführung der Bilder dienende Schirm im Schatten liegt und die Augen der Zuschauer gleichfalls beschattet sind, ist im DRP 289130[12]) beschrieben worden. Über die Möglichkeiten der Bühnenbeleuchtung[13]) berichtet Basset Jones[14]). Sieprawski[15]) behandelt moderne Notbeleuchtung. v. Engel[16]) gibt eine Übersicht über die Beleuchtungseinrichtungen am Theater. Nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung beschreibt er den Aufbau der Bühne, die Stromversorgung und Notbeleuchtung, die Lampen und Lampensignale, die Beleuchtungskörper und Scheinwerfer, die Bühnenregulatoren, Bühneneffekte und die modernen Bühnenbeleuchtungssysteme, bei welchen an Stelle der von Fortuny bei seinem System benutzten Reinkohlenbogenlampe hochkerzige, niederwattige Glühlampen mit Gasfüllung treten.

Tragbare Lampen. Über die Verwendung tragbarer elektrischer Lampen in Bergwerksbetrieben hat Schorrig[17]) ausführliche Angaben gemacht. Die vielen Schlagwetterexplosionen, von denen in den Jahren 1902 bis 1911 auf preußischen Steinkohlengruben 60% aller Explosionen auf den Gebrauch der mit Benzin betriebenen „Sicherheitslampe“ zurückzuführen waren, ließen eine brauchbare elektrische Akkumulatorenlampe schon seit langer Zeit erwünscht erscheinen. Nach Einführung der Wolframlampe konnte eine brauchbare elektrische Akkumulatorenlampe für Bergwerksbetriebe geschaffen werden. Es liegen bereits brauchbare Lösungen vor, über die Betriebserfahrungen bestehen. Vom reinen Kostenstandpunkt aus betrachtet ist die elektrische Grubenlampe der Benzinlampe noch nicht überlegen, sondern immer noch etwas teurer. Dagegen ist die Sicherheit der elektrischen Grubenlampe ungleich viel höher. Der einzige Mangel der elektrischen Grubenlampe besteht darin, daß mit ihr nicht ohne weiteres schlagende Wetter nachgewiesen werden können, doch sollen in dieser Beziehung neuerdings gemachte Vorschläge bereits Aussicht auf Erfolg versprechen.

Über die elektrischen Taschenlampen, die sich infolge der Bedürfnisse des Krieges einer sehr regen Nachfrage erfreuen, berichtet zusammenfassend Albrecht[18]). Auch mit Regulierwiderstand[19]) sind Taschenlampen ausgerüstet worden. Eine zweckmäßige Abblendung des Lichtstromes kann in der „Tarnschild“-Lampe[20]) vorgenommen werden.

Scheinwerfer. Über den Wirkungsgrad von Scheinwerfern und Reflektoren berichtet Harrison[21]). Ein Scheinwerfer nach Sperry[22]) ist in Engineering beschrieben. Über besonders lichtstarke Scheinwerfer handelt eine Arbeit im

Electrician[23]). Die elektrische Beleuchtung von Kraftfahrzeugen wird von Albrecht[24]) besprochen.

Photographie. Im Anschluß an eine frühere Arbeit (JB 1915, S 94) über das künstliche Licht in der Photographie beschreibt Lux[25]) den Kugelvergrößerungsapparat, der auf der von Bechstein für die Zwecke der photographischen Vergrößerung eingeführten Ulbrichtschen Kugel beruht. Der Kugelvergrößerungsapparat besteht aus einer innen diffus reflektierenden weißen Hohlkugel, die zwei oder mehr Glühlampen enthält. Dicht vor einer der Plattengröße entsprechenden Öffnung der Kugel ist ein für die Befestigung der Negative bestimmter Schieber angeordnet. An die Kugel wird eine beliebige photographische Kamera angesetzt. Mit dem Kugelvergrößerungsapparat läßt sich jeder Grad der Weichheit oder Härte der Bilder erzielen.

Physiologisches. Über den Einfluß des ultravioletten Lichtes auf das Auge wird im Electrician[26]) berichtet.

Projektieren. Halbertsma[27]) gibt eine zweckmäßige Aufstellung von Fragen, deren Beantwortung die Grundlage für die Empfehlung der richtigen Lichtquelle und ihrer Anordnung bilden kann. v. Glinski[28]) entwickelt ein Verfahren, um für einen gegebenen Lichtbedarf die sparsamste Lampe zu finden. Wittek[29]) empfiehlt die Beleuchtung einer Fläche nicht nach dem Mittelwerte der Beleuchtungsstärke sämtlicher Flächenelemente der beleuchteten Fläche zu werten, wie es bisher vielfach üblich war, sondern empfiehlt, besonders für Lichtquellen mit großem Ungleichförmigkeitsgrad, der Bodenbeleuchtung einen Mindestwert der Beleuchtungsstärke an allen zu beleuchtenden Stellen zugrunde zu legen.

[1]) Monasch, ETZ 1916, S 653, 665. — Z. Beleucht. 1916, S 128. — [2]) Heyck, Z. Beleucht. 1916, S 167. — [3]) N. A. Halbertsma, Z. Beleucht. 1916, S 91, 101. — [4]) F. Suchanek, ETZ 1916, S 620. — [5]) H. A. Tinson u. D. M. Diggs, Gen. El. Rev. 1916, S 225. — [6]) R. Wentzke, Mitt. Ver. EW 1916, S 409. — [7]) N. A. Halbertsma, ETZ 1916, S 694. — Z. Beleucht. 1916, S 143. — [8]) C. E. Clewell, El. World Bd 66, S 1417. — [9]) K. Täuber, ETZ 1916, S 287. — [10]) J. Schmidt, Helios Fachz. 1916, S 145, 153, 165, 217, 225, 234, 244. — [11]) A. L. Powell, El. World Bd 67, S 482. — [12]) Z. Beleucht. 1916, S 50. — [13]) El. Anz. 1916, S 171, 185, 207. — [14]) Basset Jones, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 117. — [15]) W. F. Sieprawski, Helios Exportz. 1916, S 409. — [16]) A. v. Engel, Helios Fachz. 1916, S 105, 113, 137. — [17]) Schorrig, ETZ 1916, S 123. — [18]) Albrecht, Helios Fachz. 1916, S 369, 380. — [19]) El. Anz. 1916, S 400. — [20]) El. Anz. 1916, S 123. — [21]) H. T. Harrison, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 842. — [22]) Engineering Bd 102, S 456. — [23]) Electr. (Ldn.) Bd 78, S 91. — [24]) Albrecht, Helios Fachz. 1916, S 81, 89, 97. — [25]) Lux, Z. Beleucht. 1916, S 36. — [26]) Electr. (Ldn.) Bd 78, S 277. — [27]) N. A. Halbertsma, El. Anz. 1916, S 613, 632. — [28]) v. Glinski, ETZ 1916, S 2. — [29]) W. Wittek, El. Masch.-Bau 1916, S 130.

Lampen und Zubehör.

Bogenlampen. Die Versuche von Lummer über die „Schmelzbarkeit der Kohle und die Herstellung der Sonnentemperatur" haben Mathiesen[1]) zur experimentellen Prüfung der Frage angeregt, ob der wie bei Lummer unter mäßigem Luftdruck brennende Lichtbogen zur Erhöhung der Lichtausbeute von Bogenlampen nutzbar gemacht werden könnte. Mathiesen untersuchte den Lichtbogen unter mäßigem Luftdruck sowohl zwischen Reinkohlen als auch zwischen Kohlen, die Kalziumfluorid enthielten, bei Gleichstrom und bei Wechselstrom. Aus den Untersuchungen ergab sich, daß die Überdruck-Bogenlampe nach dem heutigen Stande der Technik für die Raumbeleuchtung keine Aussicht auf Verwirklichung hat. Die Lichtausbeute sinkt im Unterdruck erheblich, während sie im Überdruck beträchtlich ansteigt. Die Verkürzung des Lichtbogens und seine zunehmende Unruhe beeinträchtigen die Lichtausbeute erheblich.

Die Bogenlampe von Nernst[2]) (DRP 288228 und 288229) beruht auf der Erscheinung, die man beobachtet, wenn man zwischen Kohlenelektroden einen Lichtbogen in einer Atmosphäre von Zinkchlorid oder Zinkbromid erzeugt. Ist der Druck des Zinkchloriddampfes zu klein, so erscheint das Licht fahl. Bei höheren Drucken, z. B. Atmosphärendruck, wird der Lichtbogen scharf und hell. Auch Aluminium- und Titanchlorid verhalten sich ähnlich wie Zinkchlorid. Der Lichtbogen darf nicht unter 3 cm Größe gewählt werden. Nernst verwendet als Hauptleiter in erster Linie Quecksilberdampf und als färbende Substanz einen geeigneten Salzdampf. In einer derartigen Lampe, bei der die färbende Substanz aus 70% Zinkchlorid, 15% Kalziumchlorid, 5% Thalliumchlorid, 5% Lithiumchlorid und 5% Zäsiumchlorid bestand, ergab sich bei 120 V und 4 A (ohne Vorschaltwiderstand) eine Lichtstärke von über 3000 HK, also ein spezifischer Verbrauch von etwa 0,16 W/HK.

Görges[3]) beschreibt eine Vorrichtung, um das Flimmern von Lichtbögen zu betrachten. Man bedient sich eines auf der Welle eines kleinen Synchronmotors befestigten Spiegels, der sich um eine in seiner Ebene liegende Achse dreht. Diese Spiegelanordnung ist von Liebe angegeben worden. Man entwirft durch eine Sammellinse ein reelles Bild auf der Spiegelebene und kann dieses Bild entweder durch ein Fernrohr betrachten oder ein weiteres reelles Bild davon durch eine zweite Sammellinse auf einen weißen Schirm werfen. Die Bilder stehen still und sind sehr deutlich, auch wenn der Spiegel umläuft. Läßt man den Motor nicht synchron sondern asynchron mit möglichst geringer Schlüpfung laufen, so sieht man nach jedem Umlauf des Spiegels eine andere Phase des Lichtbogens. Die Vorrichtung ist gewissermaßen ein Zeitmikroskop mit 500facher Vergrößerung. — Über die Entwicklung, Herstellung und Prüfung der Bogenlampenkohlen berichtet Brandt[4]).

Mackay und Ferguson[5]) untersuchten den Wolframlichtbogen in indifferenter Atmosphäre. Die VA-Charakteristik in Wasserstoff zeigte den bekannten Verlauf der Kurven. Die Gleichrichterwirkung in Argon und Wasserstoff wurde oszillographisch untersucht.

Gimingham und Mullard[6]) beschreiben eine Wolframbogenlampe in Stickstoff oder Argon. Zum Anlassen der Lampe wird ein Glühkörper benutzt, der aus einem Gemisch von Wolfram mit einem schwerschmelzbaren Oxyd (Zirkonoxyd, Yttriumoxyd, Thoroxyd) besteht. Dieser Glühkörper besitzt starke ionisierende Eigenschaften und ionisiert das Gas in dem Zwischenraum zwischen den Lichtbogenelektroden. Die Lampen wiesen Brenndauern von 500 h auf. Während dieser Brenndauerperiode fiel die Lichtstärke um etwa 10%. Der spezifische Verbrauch betrug etwa 0,5 W/HK. Welche Vorteile diese Lampe gegenüber den Wolframglühlampen in inerter Atmosphäre mit annähernd gleichem spezifischem Verbrauch, wesentlich höherer Brenndauer und viel einfacherer Bauart bieten soll, ist dem Berichterstatter nicht ersichtlich geworden.

Kuhn[7]) behandelt die Regelung der Gleichstrombogenlampen in analytisch-graphischer Behandlung. Man gewinnt einen Einblick in die mannigfachen Regelungsvorgänge, wenn man die Größe, durch deren Änderung der normale Zustand der Lampe gestört wird, als unabhängige Veränderliche ansieht und alle übrigen elektrischen Größen als deren Funktion darstellt. Die so erhaltenen Gleichungen führen durchwegs auf gleichseitige Hyperbeln und Gerade, wodurch sich eine einfache graphische Darstellung ergibt. Zur Verfolgung der inneren Regelung wurde der scheinbare Widerstand des Lichtbogens als unabhängige Veränderliche angesehen und die Lampenspannung und die Stromstärke als Funktion von ihr dargestellt. Zuerst wurden die Gleichungen für die innere Regelung der Differentiallampe abgeleitet; die Hauptstromlampe und die Nebenschlußlampe ergaben sich dann als Sonderfall der Differentiallampe.

Glühlampen. A. R. Meyer[8]) leitet für den schwarzen Körper als den Vertreter der auf dem Prinzip der Temperaturstrahlung beruhenden Lichtquellen auf Grund theoretischer Überlegungen für den Bereich von 2000 bis 10000° abs.

die Gesetzmäßigkeiten ab, nach denen bei ihm die Gesamtstrahlung in Strahlung des sichtbaren Gebietes umgesetzt wird. Diese Zahlen werden prozentisch und in absoluten Werten angegeben, und es werden die unter den verschiedensten Voraussetzungen erreichbaren Nutzeffekte ziffermäßig berechnet. Ferner werden die bis jetzt in den praktisch benutzten Glühlampen erzielten Werte mit denen des schwarzen Körpers verglichen, und es wird das Verhältnis der im Gebiet der sichtbaren Wellenlängen ausgesandten Strahlung zur aufgewendeten Leistung ermittelt. Meyer erhält folgende Werte:

Lampenart	Absolute wahre Temperatur	Strahlung im sichtbaren Gebiet in % der aufgewendeten Leistung	Gesamtstrahlung in % der aufgewendeten Leistung	Strahlung im sichtbaren Gebiet in % der Gesamtstrahlung
Kohlenfadenlampe	2235	2,35	95	2,5
Tantallampe	2240	3,81	90	4,2
Wolframlampe	2350	4,86	92	5,3

Kruh[9]) gibt ein Verfahren an, um Durchmesser, Länge und Anordnung des Glühkörpers für eine gewünschte Lichtstärke und Spannung rein rechnerisch zu ermitteln. Die Anwendung der Formeln wird für die Wolframlampe an Beispielen gezeigt. Kruh macht auf Grund seiner Berechnungen auch Vorschläge zu einer photometrischen Einheitslampe aus Wolfram (einbügelig).

Über die Art der Lebensdauerprüfungen von Glühlampen im Bureau of Standards in Washington berichten Middlekauff, Mulligan und Skogland[10]). Um die Lebensdauerprüfung der Glühlampen zu erleichtern und eine dauernde und möglichst automatisch hergestellte Urkundenkarte für jede geprüfte Lampe zu erhalten, sind an dem im Bureau of Standards benutzten Photometer eine Reihe von zweckmäßigen Abänderungen und Zusätzen zu den üblichen Photometern getroffen worden. So ist ein W/Kerzen-Rechenschieber und eine Registriervorrichtung eingeführt worden. Während einer Lebensdauerprüfung werden folgende Größen registriert: Die Prüfspannung, die Anfangslichtstärke und die Anfangswerte des spezifischen Verbrauchs bei der Prüfspannung; die Lichtstärke und der Verbrauch zu bestimmten Perioden während der Lebensdauerprüfung und zwar für Lampen mit Kohlenfäden und metallisierten Kohlenfäden nach 50 h Brenndauer und wenigstens alle weiteren 100 h einmal. Für Wolframlampen werden fünf Messungen gemacht, die erste ungefähr $^1/_{20}$ der Brenndauerperiode nach der Anfangsmessung. Die Hauptspannung im Prüfraume wird durch ein registrierendes Voltmeter aufgezeichnet.

Ely[11]) hat Untersuchungen über die gasgefüllten Spiraldrahtlampen bei 120 V für 40, 60, 75 und 100 W und bei 220 V für 75 und 100 W angestellt. Er findet, daß diese Lampen noch nicht als für die Bedürfnisse des Wirtschaftslebens genügend durchgearbeitet angesehen werden können, da die Nutzbrenndauer zu gering ist, so daß sich in Anbetracht ihres teureren Preises gegenüber den gewöhnlichen Metallfadenlampen unter Berücksichtigung des Lampenersatzes und der heute üblichen Strompreise kein Gewinn erzielen ließ.

Berninger[12]) zeigt, daß die prozentuale Lichtabnahme und die ökonomische Brenndauer von Wolframdrahtlampen bei einem gegebenen Strom- und Lampenpreis mit einer für praktische Zwecke genügenden Genauigkeit vorausberechnet werden können, wenn die anfängliche Beanspruchung des Drahtmaterials gewissen in der Arbeit mitgeteilten näheren Bedingungen entspricht.

Langmuir[13]) behandelt die Eigenschaften von Wolframglühkörpern. Zur Bestimmung dünner Durchmesser, die sich nicht mehr genau messen lassen, wiegt Langmuir eine gemessene Länge des Drahtes. Bedeutet w das Gewicht des Drahtes in mg/cm, dann ergibt sich der Durchmesser d in cm aus der Formel

$$d = 0{,}008186 \sqrt{w}.$$

In dieser Formel ist die Dichte des Wolframs zu 19,0 angenommen.

Durch die abkühlende Wirkung der Stromeinführungsdrähte wird bei gegebener Stromstärke die Spannung an den Enden der beiden Kühlstellen der einbügeligen Glühdrähte um den Betrag ΔV und die Lichtstärke um den Betrag ΔC erniedrigt. Es ist

$$\Delta V = 0{,}00034\,(T - 300)$$

$$\Delta C = 0{,}00087\,\frac{C}{V}\,(T - 300).$$

V bedeutet die Gesamtspannung des Glühkörpers, C die gesamte Lichtstärke und T die Temperatur des mittleren Teiles des einbügeligen Glühkörpers.

Zur Berechnung der durch eine Gasatmosphäre vom Glühdraht abgeführten Wärmemenge Wc' bei niedrigem Druck (weniger als 0,7 mm Hg) fand Langmuir die folgende Formel:

$$Wc' = \frac{Wc}{ld} = 0{,}00114\,\frac{a \cdot p}{1 - k\sqrt{M T_0}}\,(T - T_0).$$

Wc bedeutet die Wärmemenge in W, die vom Gase abgeführt wird, a stellt einen Akkommodationskoeffizienten des Gases dar, der stets kleiner als 1 ist. Für Wasserstoff ist er 0,2, für fast alle anderen Gase liegt er zwischen 0,80 und 0,90. k ist das Verhältnis der spez. Wärme bei konstantem Druck zur spez. Wärme bei konstantem Volumen. Für einatomige Gase (Argon, Néon und Hg) ist $k = 1{,}666$. Für zweiatomige (Wasserstoff, Stickstoff) ist $k = 1{,}4$, für dreiatomige Gase wie CO_2 ist $k = 1{,}29$.

p = Druck des Gases in Bar (1 Bar C G S = 0,00075 mm Hg).
M = Molekulargewicht des Gases.
T = Temperatur des Glühfadens.
T_0 = Temperatur der Glocke.
l = Länge des Drahtes in cm.
d = Durchmesser in cm.

Wird die Glockentemperatur zu 300° angenommen, so ergibt sich

für Stickstoff . . . . $Wc' = 24{,}9 \cdot 10^{-6}\,p\,(T - T_0)$
» Argon . . . . . $Wc' = 12{,}5 \cdot 10^{-6}\,p\,(T - T_0)$
» Hg-Dampf . . . . $Wc' = 6{,}3 \cdot 10^{-6}\,p\,(T - T_0)$
» Wasserstoff . . . $Wc' = 24{,}6 \cdot 10^{-6}\,p\,(T - T_0)$.

Die Formel für Wasserstoff gilt nur für Temperaturen bis 1500°. Bei höheren Temperaturen wird H dissoziiert.

Über die Füllung der gasgefüllten Glühlampen gibt das deutsche Patent 289543 Aufschluß[14]). Die Füllung besteht aus einer Mischung von Argon und Stickstoff.

Zu der bereits im JB 1915, S 97 behandelten Streitfrage der Bezeichnung der Glühlampen im Handel und der photometrischen Bezeichnung äußern sich weiter Halbertsma und Klein[15]) sowie Naujoks[16]).

Armaturen. Körting und Mathiesen[17]) beschreiben Armaturen für Glühlampen mit Gasfüllung. In den Armaturen werden neue lichtstreuende Gläser verwendet, die möglichst wenig von dem erzeugten Lichtstrom verschlucken, und die gleichzeitig die für den jeweiligen Anwendungszweck günstigste Lichtverteilung ergeben. Photometrische Messungen über die nackte Lampe und die Lampe mit Armatur (Lichtausstrahlungskurven) werden mitgeteilt.

Fassungen. Die Entwicklung der Glühlampenfassungen hat bei den anfänglich geltenden allgemeinen Vorschriften des VDE zu elektrisch brauchbaren, mechanisch aber ungenügenden Konstruktionen geführt. Der Verband hat daher vor einigen Jahren die wichtigeren Abmessungen normalisiert. Zum

Schutze gegen Berührung bei der Lampenauswechselung mußten dabei mehrere verschieden große Porzellanringe normalisiert werden. Hermanni[18]) beschreibt nun Fassungen, bei welchen die verschiedenen Schutzringe ganz fortfallen, weil die Glasschale in das Fassungsgehäuse geschraubt wird und so den Zweck des Schutzringes mit erfüllt.

Radioaktive Leuchtfarben. Bahr[19]) hat gefunden, daß die Flächenhelle von 1 g Radiumbromid 2,65 HK beträgt. Der durch die α-Strahlung von 1 g Radiumbromid entwickelte Energiestrom hat nach Bahr die Größe von 0,078 W. Wenn also eine Radiumleuchtfarbe, die 1 g Radiumbromid enthält, eine Lichtstärke von 2,65 HK zu erzeugen vermag, so folgt für den spezifischen Verbrauch der Radiumleuchtfarbe der Wert von 0,03 W/HK. Demnach sind alle bekannten Temperaturstrahler der Radiumleuchtfarbe bei weitem unterlegen. Wenn trotzdem die radioaktiven Leuchtfarben wenig Licht erzeugen, so liegt dies an dem hohen Preise der Radiumenergie. 1 g Radiumbromid kostet heute etwa 350000 M. Rechnet man die Zinsen von 4%, so ergibt sich eine jährliche Ausgabe von 14000 M für 2,65 HK, welche Tag und Nacht brennen. Walter[20]) bestimmte die Lichtstärke von Uhren, deren Ziffern mit radioaktiver Leuchtmasse versehen war. Die Lichtstärken schwankten zwischen 0,808 und 3,08 Millionstel HK.

[1]) W. Mathiesen, ETZ 1916, S 549, 567. — [2]) W. Nernst, ETZ 1916, S 544. — [3]) Görges, ETZ 1916, S 213. — [4]) O. Brandt, Helios Fachz. 1916, S 25, 38. — [5]) G. M. J. Mackay u. C. V. Ferguson, (nach J. Franklin Inst.) El. World Bd 67, S 889 —. [6]) E. A. Gimingham u. S. R. Mullard, El. World Bd 67, S 52 (nach El. Rev. Ldn. 10. 12. 15). — [7]) J. Kuhn, El. Masch.-Bau 1916, S 21, 46. — [8]) A. R. Meyer, ETZ 1916, S 142, 157, 667. — [9]) O. Kruh, Z. Beleucht. 1916, S 15, 29. — [10]) G. W. Middlekauff, B. Mulligan u. J. F. Skogland, Bull. Bur. Standards Bd 12, S 605. — Z. Beleucht. 1916, S 158. — [11]) Ely, Mitt. Ver. EW 1916, S 167. — [12]) A. Berninger, El. Masch.-Bau 1916, S 197. — [13]) J. Langmuir, Gen. El. Rev. 1916, S 208. — [14]) Z. Beleucht. 1916, S 51. — [15]) N. A. Halbertsma u. Klein, ETZ 1916, S 174. — El. Masch.-Bau 1916, S 413. — [16]) R. Naujoks, ETZ 1916, S 165. — El. Anz. 1916, S 413, 429. — [17]) Körting & Mathiesen, A.-G., Z. Beleucht. 1916, S 156. — [18]) A. Hermanni, ETZ 1916, S 582. — [19]) F. Bahr, Z. Beleucht. 1916, S 153. — [20]) B. Walter, Jl. Gas Wasser 1916, S 508.

VI. Elektrische Fahrzeuge und Kraftbetriebe.

Elektrische Voll- und Straßenbahnen. Von Prof. Dr. W. Kummer, Zürich. — Elektrische Bahnen und Fahrzeuge für besondere Zwecke. Von Ingenieur Max Schiemann, Wurzen. — Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen. Von Prof. Rudolf Krell, München. — Maschinenantrieb in Fabriken, Pumpen, Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge. Landwirtschaftlicher Betrieb. Von Prof. Dr.-Ing. Alexander Brückmann, Hannover.

Elektrische Voll- und Straßenbahnen.

Von Prof. Dr. W. Kummer.

Allgemeines. Die im Jahre 1915 in San Francisco abgehaltene Weltausstellung hat in der Literatur des Jahres 1916, soweit als elektrische Voll- und Straßenbahnen in Betracht kommen, hinsichtlich des ausgestellt gewesenen Zugförderungsmaterials kein bedeutendes Echo mehr gefunden; dagegen sind von den mit jener Ausstellung verbundenen Jahresversammlungen von Vereinen und Kongressen verschiedene Berichterstattungen bekanntgegeben worden, welche einen Hinweis rechtfertigen. So darf in erster Linie auf den Internationalen Ingenieur-Kongreß[1]) hingewiesen werden, sodann auf die Versammlungen des American Inst. of El. Engineers[2]) und der Ameri-

can Electric Railway Association[3]). Über die dabei von amerikanischen Fachleuten vorgebrachten Ansichten und Mitteilungen hat E. E. Seefehlner[4]) eine dem europäischen Fachgenossen leicht faßbare Darstellung veröffentlicht. Die sonstigen Kundgebungen in Vorträgen und Aufsätzen betreffen entweder nur die Vollbahnen allein oder dann die Straßenbahnen allein, und sind deshalb auch je unter den Fortschritten der einschlägigen Bahngattung zu würdigen.

Was die Bautätigkeit im Jahre 1916 angeht, so weist sie gegenüber 1915 eine gewisse Steigerung auf, die besonders die Vollbahnen betrifft. Ebenso fällt auch in das Gebiet der Vollbahnen die größere Anzahl grundsätzlicher Erörterungen und Kontroversen, insbesondere über die nicht zur Ruhe kommende sog. Systemfrage.

Elektrische Vollbahnen. Einen die konstruktive Seite besonders hervorhebenden Überblick über den derzeitigen Stand des elektrischen Vollbahnbetriebes verdanken wir R. Baecker[5]); demgegenüber betont ein von E. E. Seefehlner[6]) gegebener Überblick vorwiegend die wirtschaftliche und allgemein-technische Seite des elektrischen Vollbahnbetriebes. Von G. Osanna[7]) wird in teilweise erneuerter Form dessen schon aus dem Jahre 1911 stammende mustergültige Darstellung der Arbeitsweise und Bauverhältnisse der einphasigen Kommutatorbahnmotoren wiedergegeben. F. W. Carter[8]) gibt eine übersichtliche Darstellung der gegenwärtigen Bauformen der elektrischen Lokomotiven, wobei er in mathematisch eleganter Form die störenden Nebenbewegungen fahrender Lokomotiven untersucht. Durch W. Kummer[9]) werden Dampfbetrieb und elektrischer Betrieb auf Bahnen mit langen Steigungen auf Grund energetischer Koeffizienten der virtuellen Länge zum Vergleich gebracht. Die heutigen Formen der Stromabnehmer finden in Aufsätzen der Firma BBC[10]) und von R. Stocker[11]) einläßliche Würdigung. Der Wechselstromwiderstand von Eisenbahnschienen findet durch eine Veröffentlichung von A. E. Kennelly[12]) mit interessanten Forschungsergebnissen erneute Bearbeitung. Anderseits beschäftigt sich eine Forschungsarbeit von B. Mc. Collum und K. H. Logan[13]) mit den Gleisirrströmen und deren Abwehr. Das bisher auf theoretischer Grundlage noch unbearbeitete Gebiet der Untersuchung der Schwankungen des Kraftbedarfs der elektrischen Zugförderung wurde durch W. Kummer[14]) in Angriff genommen und zur Berücksichtigung des Einflusses der Wirkungsgrade die 1895 von W. Lynen (Z. Ver. D. Ing. 1895, S 1225) gegebene Methode der Ordnung der Leistungen nach ihrer Größe angewandt. Unter den im Jahre 1916 über die Systemfrage der Vollbahnen zur Veröffentlichung gekommenen Erörterungen dürften diejenigen vor dem Panamerican Congress in Washington[15]), sowie diejenigen vor dem Schweiz. Elektrotechn. Verein in Bern[16]) am bedeutungsvollsten sein; durch Vorträge von H. M. Hobart[17]) und N. W. Storer[18]) sind indessen auch englische Fachkreise zu bemerkenswerten Erörterungen von Systemfragen gekommen. Das Gedenken an die hundertste Wiederkehr des Geburtstages von Werner von Siemens[19]) hat zu historischen Betrachtungen und Bildern über die Leistungen des von ihm gegründeten Hauses auf dem Gebiete der elektrischen Bahnen, insbesondere der Vollbahnen Anlaß gegeben.

Die den Bau und den Betrieb von elektrischen Vollbahnen betreffenden Fortschritte sind im Jahre 1916 besonders umfangreich in den **Vereinigten Staaten von Amerika.** Das große Ereignis wird daselbst durch die Ausdehnung des elektrischen Betriebes auf der Chicago, Milwaukee & St. Paul Ry. auf eine Streckenlänge von rd. 350 km gebildet. In ihrer eigenen Zeitschrift hat die ausführende General Electric Co.[20]) durch zwölf Ingenieure ihrer Bahnabteilung eine zusammenhängende Folge von Bau- und Betriebsdarstellungen über diese bemerkenswerte Anlage veröffentlicht; die Eröffnung der ersten 200 km dieser Anlage ist auch in unabhängigen Fachzeitschriften[21]) mit Recht besonders gewürdigt worden. In betriebstechnischer Hinsicht scheint uns an dieser mit 3000 V Gleichstrom arbeitenden Anlage die Vornahme der Energie-

rückgewinnung das Interessanteste zu sein, wozu die benutzten acht Serienmotoren jeder Hauptlokomotive, Typ GE 253, von je 452 PS Stundenleistung, bzw. je 396 PS Dauerleistung, unter Zuhilfenahme einer kleinen Zusatzdynamo zur Beeinflussung der Erregung in eine neue Schaltungsweise gebracht wurden; dieser Erfolg hat dann auch europäische Fachleute zum Studium neuer Schaltungen für elektrische Energierückgewinnung und Bremsung[22]) angeregt. Neben den rd. 50 Stück der bereits im JB 1915 gewürdigten Hauptlokomotiven der Chicago, Milwaukee & St. Paul Ry. ist der Lokomotivpark weiter noch durch einige besondere Schiebelokomotiven kleinerer Leistung (mit je zwei Motoren GE 255) ergänzt worden[23]). Die im JB 1915 schon berücksichtigte Entwicklung der amerikanischen Gleichstromtraktion auf 5000 V Fahrspannung hat natürlich in der gesamten Zeitschriftenliteratur von 1916 Widerhall gefunden, ohne daß weitere Einzelheiten bekannt geworden wären. Die im JB 1914 erwähnte Elektrifizierung Philadelphia-Paoli mittels Einphasenwechselstroms ist inzwischen in Betrieb genommen worden, wobei als erwähnenswert zu verzeichnen ist, daß die benutzten Motorwagen durch Repulsionsmotoren angetrieben werden, die als Vorgelegemotoren mit federnden Zahnrädern ausgeführt sind[24]). Die Einphasen - Dreiphasen - Umformerlokomotiven der Norfolk and Western Ry.[25]) finden in amerikanischen Fachkreisen andauernde Erörterung. Ebenso werden auch von amerikanischen Fachleuten die Antriebsmechanismen der Lokomotiven[26]) und neuerdings auch die Anwendung von Flüssigkeitswiderständen auf Lokomotiven[27]) Betrachtungen unterworfen. Die Stadtbahn von New York hat sich zur Anlage von Rückleitungs-Feeders[28]) entschließen müssen, da die mehrgeleisigen Schienenanlagen zum Teil für Signalströme benutzt werden und andernteils bereits überlastet waren. Ähnliche Schwierigkeiten mit der Schienenrückleitung waren auf den Vorortlinien von Los Angeles der Pacific Electric Ry. zu beseitigen, die daselbst zur Anwendung einer Dreileiterfernspeisung[29]) geführt haben; bemerkenswert ist, daß diese für das hier benutzte Gleichstromsystem sich auf 200 km Betriebslänge fast ebenso leicht einrichten ließ wie seinerzeit auf der New York, New Haven & Hartford Ry. mittels Einphasenstrom, von der im JB 1914 die Rede war. Günstige Betriebserfahrungen, die einerseits von der einphasigen Lake Shore & South Bend Ry.[30]) und anderseits von der ebenfalls einphasigen New York, New Haven & Hartford Ry.[31]) einläßlich bekannt gegeben wurden, haben in europäischen Zeitschriften nachdrückliche Hinweise und zusammenfassende Darstellungen gefunden. Europäische Fachleute werden auch mit Interesse Kenntnis nehmen, daß nunmehr über die Unterhaltungskosten der mit Kuppelstangen arbeitenden Lokomotiven der Pennsylvaniabahn[32]) günstigere Zahlenwerte bekanntgegeben werden können. Für die Weiterführung der Dampfheizung auf den Zügen der in New York einmündenden elektrifizierten Endstrecken der New York Central Ry. werden für Ölfeuerung eingerichtete Heizkessel[33]) verwendet. Über den Unterhalt von Vollbahnoberleitungen mit Einschluß der Betrachtung der erforderlichen Geräte und Einrichtungen sind neuerdings brauchbare Angaben[34]) veröffentlicht worden. Das zurzeit großzügigste amerikanische Projekt der Elektrifizierung der in Chicago einmündenden Fernbahnlinien[35]) ist der Kostenfrage halber noch hart umstritten. Von den Normalisierungsbestrebungen der amerikanischen Überlandbahnen ist die stark fortschreitende Einführung der Stahlwagen[36]) bemerkenswert. Auch auf die deutsche Bearbeitung der Veröffentlichungen über die neuen Schnellbahnwagen von New York[37]), von denen im JB 1915 schon die Rede war, darf hier hingewiesen werden.

In Europa sind besondere Baufortschritte an elektrischen Bahnen besonders in **England** zu verzeichnen. Der im JB 1914 erwähnte Versuchsbetrieb der Lancashire & Yorkshire Ry. mit hochgespanntem Gleichstrom hat zu einer bemerkenswerten Bauausführung Anlaß gegeben, wobei zwar die Oberleitungsanordnung des Probeversuchs wieder verlassen und auf die bei dieser Gesellschaft verbreitete Stromzuführung durch dritte und vierte Schiene zurückgegriffen wurde; im Zusammenhang damit ist auch die Fahrspannung des

Probebetriebs von 3500 V auf 1200 V ermäßigt worden und demgemäß die „Bury Section“[38]) zwischen Holcombre Brook und Bury zur Ausführung gebracht worden. Die umfangreiche Elektrifizierung der London and South Western Ry., von der im JB 1915 die Rede war, ist erfolgreich beendigt worden und hat zu einer einläßlichen Baubeschreibung[39]) Anlaß gegeben. Erwähnung verdient schließlich auch die zu Ende geführte Elektrifizierung mit 1500 V Gleichstrom der Linie Shildon-Newport[40]), der sog. „Simpastureline“ der North Eastern Ry., von der im JB 1913 erstmals die Rede war.

In **Schweden** sind von der Bahnlinie Kiruna-Riksgränsen, auf deren Anschlußlinie Kiruna-Lulea (300 km) die Elektrifizierung in Bau gegeben wurde, erste bemerkenswerte Betriebserfahrungen[41]) bekannt geworden. Bedeutende Elektrifizierungsprojekte sind auch aus **Norwegen** zu verzeichnen, deren erster zur Ausführung bestimmter Teil die Strecke Christiania-Drammen bilden dürfte[42]).

In **Deutschland** sind die Mitteilungen über das erfolgreiche Fortschreiten der Elektrifizierung der schlesischen Gebirgsbahn hoch erfreulich[43]), während anderseits die Meldung vom Stillstand der bezüglichen Bestrebungen in Bayern[44]) den Freunden des elektrischen Betriebes Enttäuschung bereitet. Über die Steuerungen der Einphasenlokomotiven der Preußischen Staatsbahnen, von denen bereits 19 Stück für den Schnellzugsverkehr, 22 Stück für den Personenzugsverkehr und 67 Stück für den Güterzugsverkehr beschafft worden sind, ist eine einläßliche Baubeschreibung[45]) bekannt geworden. Die abklärenden Versuche über die Triebmittel für den zukünftigen elektrischen Betrieb der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahn nehmen ihren normalen Verlauf[46]). Auch über den Stand der Elektrifizierung der Badischen Wiesentalbahn[47]) sind Angaben bekannt geworden. Der Bau der AEG-Schnellbahn in Berlin[48]) hat zum Bau des ersten deutschen Stahlwagens für den elektrischen Bahnbetrieb geführt.

In der **Schweiz** ist besonders bedeutungsvoll der Beginn der Arbeiten für die Elektrifizierung der Gotthardstrecke Erstfeld-Bellinzona. Wie im JB 1913 mitgeteilt wurde, hat dieser Elektrifizierung von vornherein ein Einphasenprojekt zugrunde gelegen; die im Jahre 1913 formell noch offen gelassene Systemfrage ist nun mit dem Beginn der Arbeiten auch formell zugunsten von Einphasenstrom mit 15 Per/s und 15000 V Fahrspannung entschieden worden[49]); die ersten Bauarbeiten betreffen die in Amsteg an der Reuß und in Piotta am Tessin zu erstellenden Kraftwerke[50]), von denen das letztgenannte mit dem Ritomsee ein Akkumulierkraftwerk von großer Akkumulierfähigkeit darstellt. Vom Betriebe der Berner Alpenbahn (Lötschbergbahn) sind einerseits durch L. Thormann[51]) wertvolle Angaben über den Energieverbrauch, anderseits durch W. Kummer[52]) nähere Mitteilungen über die benutzten federnden Zahnräder der Lokomotiven 1-E-1 bekannt geworden; die genannten federnden Zahnräder stellen das elastische Zwischenglied dar, mit dessen Einbau die im JB 1914 erwähnten anfänglichen Triebwerksdefekte zum Verschwinden gebracht werden konnten. Betriebserfahrungen über den elektrischen Betrieb der Engadiner Linien der Rhätischen Bahn sind durch H. Haueter[53]) auf Grund einer umfangreicheren Veröffentlichung der Bahnverwaltung zusammengestellt worden.

In **Frankreich** beansprucht der Einphasenbetrieb der „Chemin de fer du Midi“ das größte Interesse, über den bekannt geworden ist, daß die Beseitigung der anfänglichen Störungen in benachbarten Telegraphen- und Fernsprechleitungen erreicht werden konnte[54]); weiter hat die Ausdehnung des Betriebes zur Bestellung von acht neuen Westinghouse-Lokomotiven in Amerika Anlaß gegeben, die nach einem bei der New York, New Haven & Hartford Ry. erprobten Typ mit Zahnradmotoren und Hohlwellenantrieb für je 1500 PS dauernd, bzw. für je 1800 PS Stundenleistung ausgeführt werden[55]).

In **Italien** hat das zehnjährige Bestehen des staatlichen Selbstbetriebes der Staatsbahnen den Chefelektriker P. Verole[56]) der Verwaltung zu einer eingehenden Betrachtung der bisherigen Elektrifizierungsarbeiten veranlaßt; der um-

fangreiche Bericht ist besonders deshalb bemerkenswert, weil die offiziell bevorstehende Zulassung des Einphasensystems neben dem bisher bevorzugten Drehstromsystem für die Staatsbahnen angedeutet wird. Für die zurzeit noch im Bau befindlichen neuen Drehstromlokomotiven der genannten Verwaltung haben mit der Polumschaltung der Motoren zusammenhängende Erfindungen, die entweder die Zahl der Rotorschleifringe[57]) oder dann die Zahl der Stator-Leitungsausführungen[58]) zu beschränken trachten, eine gewisse Bedeutung.

Elektrische Straßenbahnen. Unter den Veröffentlichungen über das elektrische Straßenbahnwesen, die von einem allgemeineren Standpunkt ausgehen, dürfte zunächst die Studie von Bussebaum[59]) über allgemeine technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte für die Bildung von Straßenbahntarifen genannt werden können. In konstruktiver und allgemeiner Hinsicht bieten sodann ein Aufsatz von R. Mauermann[60]) über den mechanischen Aufbau des Straßenbahnmotors hinsichtlich der Unterhaltungskosten Interesse, ferner eine Veröffentlichung von L. Adler[61]) über induktive Feldschwächung bei Straßenbahnmotoren, sowie eine solche von E. V. Pannell[62]) über die Fortschritte im Entwurf von Gleichstrom-Bahnmotoren. Bezüglich Fortschritten an kleineren Ausrüstungsteilen kann auf den Radkasten-Tropföler der AEG[63]) hingewiesen werden. Über Ersatzmaterialien für Stromabnehmer einerseits und für Fahrleitungen anderseits handeln Veröffentlichungen von D. Storjohann[64]) und R. Wahn[65]). Als Beispiel der fortschreitenden Normalisierungen der Straßenbahnausrüstungen ist der Ersatz des Rollenstromabnehmers durch den Bügelstromabnehmer bei den Straßenbahnen in Zürich[66]) zu bewerten. Die Einführung des Gleichrichters in Unterstationen des Straßenbahnbetriebes hat im Jahre 1916 mit Deuben[67]) die erste derartige Anlage in Deutschland gebracht. Vom Fahrzeugsbau erwähnen wir als interessante Bauformen die amerikanischen „One-Man-Cars", die wahlweise einmännige oder zweimännige Bedienung zulassen und in kleineren Städten zur Einbürgerung gelangen[68]). Die amerikanische Praxis hat weiter auch das Experiment des „Zwillingswagens", von dem im JB 1914 die Rede war, wiederholt und in Brooklyn[69]) zur Anwendung gebracht. Vom europäischen Straßenbahn-Wagenbau sind die in Wien eingeführten Decksitzwagen[70]) besonders bemerkenswert.

[1]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 622. — El. Masch.-Bau 1916, S 70. — [2]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 55, 582. — [3]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 725—769. — El. Masch.-Bau 1916, S 25. — [4]) E. E. Seefehlner, El. Kraftbetr. 1916, S 93, 169. — [5]) R. Baekker, Zschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1916, S 593, 609, 629. — [6]) E. E. Seefehlner, El. Masch.-Bau 1916, S 31. — [7]) G. Osanna, El. Masch.-Bau 1916, S 378, 395. — [8]) F. W. Carter, Proc. Inst. Civil Ing. (Ldn.) Bd 201, S 221. — [9]) W. Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 285. — [10]) Mitt. BBC 1916, S 88. — [11]) E. Stocker, ETZ 1916, S 410. — Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 58. — [12]) A. E. Kennelly, Jl. Franklin Inst. Bd 182, Nr. 2. — El. Masch.-Bau 1916, S 616. — [13]) B. Mc Collum u. K. H. Logan, Techn. Pap. Bur. of Stand. Nr. 63. — ETZ 1916, S 362. — [14]) W. Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 67, S 199, 214. — [15]) N. W. Storer, El. Rlwy. Jl. Bd 47. S 168. — [16]) Bull. Schweiz. EV 1916, S 1, — [17]) H. M. Hobart, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 457, 501, 521. — [18]) N. W. Storer, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 846, 880, 902; Bd 77, S 46. — [19]) El. Kraftbetr. 1916, S 369. — [20]) Gen. El. Rev. 1916, S 910—994. — [21]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 794. — [22]) W. Wolf, El. Kraftbetr. 1916, S 61, 77. — [23]) El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 465. — [24]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 981. — [25]) F. E. Wynne, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 139. — [26]) B. H. Shepard, El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 1085. — [27]) A. J. Hall, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 153. — [28]) J.W. Groß, El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 160. — [29]) S. H. Anderson, El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 395. — [30]) El. Kraftbetr. 1916, S 162. — [31]) Schweiz. Bauztg. Bd 67, S 81, 97, 111. — [32]) El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 1120. — [33]) El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 1080. — [34]) J. D. Kent, El. Rlwy. Jl. Bd 48, S 90. — [35]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 1159. — [36]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 136, 388; Bd 48, S 1050. — [37]) K. Perlewitz, ETZ 1916, S 189, 205. — [38]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 526, 561, 597, 629. — [39]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 961; Bd 76, S 59, 87, 124, 163. — [40]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 246, 284, 314. — [41]) El. Kraftbetr. 1916, S 7, 97. — [42]) El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 598. — [43]) ETZ 1916, S 148. — [44]) ETZ 1916, S 292. —

[45]) Glasers Annalen Bd 79, S 155, 177, 193; Bd 80, S 1, 21. — [46]) El. Kraftbetr. 1916, S 265. — [47]) Helios Fachz. 1916, S 312. — [48]) Mitt. BEW 1916, S 189. — [49]) Schweiz. Bauztg. Bd 67, S 98. — [50]) Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 33, 45. — [51]) L. Thormann, Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 9. — El. Kraftbetr. 1916, S 257, 269. — [52]) W. Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 152. — ETZ 1916, S 591. — [53]) H. Haueter, Schweiz. Bauztg. Bd 67, S 239. — [54]) J. Reyval, Lum. él. R 2, Bd 32, S 25. — [55]) El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 1040. — [56]) P. Verole, Riv. tec. d. Ferrovie It. 1916, S 33. — [57]) Maschinenfabrik Oerlikon, DRP 286224. — [58]) BBC, DRP 279503. — [59]) Bussebaum, El. Kraftbetr. 1916, S 25, 37. — [60]) R. Mauermann, ETZ 1916, S 369, 382, 630. — [61]) L. Adler, ETZ 1916, S 652. — [62]) E. V. Pannell, Jl. Inst. El. Eng. (Ldn.) Bd 54, S 449. — [63]) El. Kraftbetr. 1916, S 204. — [64]) D. Storjohann, Z. Kleinbahn 1916, S 277. — El. Kraftbetr. 1916, S 201. — [65]) R. Wahn, ETZ 1916, S 298. — [66]) ETZ 1916, S 54, 411. — [67]) Mitt. BBC 1916, S 147. — [68]) El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 1223; Bd 47, S 20, 599. — [69]) El. Rlwy. Jl. Bd 47, S 693. — [70]) ETZ 1916, S 321, 405.

Elektrische Bahnen und Fahrzeuge für besondere Zwecke.

Von Ingenieur Max Schiemann.

Über neuere **Verkehrsmittel für Fabrik und Werkstatt** mit elektrischem Akkumulatorenbetrieb berichtet Franz Woas[1]). Es gibt wohl keine Antriebsart neben dem Pferdebetrieb, die gerade die Bedürfnisse der Zubringung zu den Werkstätten und die Flächenbewegung in den Arbeitsstätten besser befriedigen könnte, als der elektrische Akkumulatorenbetrieb. Die erzielbare geringe Geschwindigkeit mit sanftem Antrieb, die geruch- und geräuschlose Bewegung, die Möglichkeit einer Nutzbeladung des Motorgefährtes und die stete Betriebsbereitschaft und Feuerungefährlichkeit kommen bei dieser Nutzanwendung voll zur Geltung.

Die A.-G. BBC baut einen Typ Motorwagen, der sich bei entsprechender Abänderung ebensogut für Einzelbetrieb wie zur Führung ganzer Förderzüge in Normalgleisen eignet. In beiden Fällen mußte mit der Notwendigkeit gerechnet werden, enge Kurven zu durchfahren; das Fahrzeug ist deshalb sehr gedrängt gebaut. Eine Plattform dient bei der Verwendung als Einzelwagen zur Aufstapelung der Frachtstücke, bei der Führung ganzer Züge zur Aufbringung einer besonderen Belastung, die das Adhäsionsgewicht im erforderlichen Umfang vermehrt. Das Fahrzeug hat zwei Achsen, deren hintere der Motor mittels doppelten Zahnradvorgeleges antreibt. Der Führerstand ist zur Erleichterung der Bedienung tief angeordnet; die Bremsung erfolgt durch eine zweiklötzige Fußbremse. Die Sammlerbatterie liegt vorn unter dem Wagenboden und ist am Eisenrahmen des Wagens federnd befestigt. Der Wagenrahmen besteht aus U-Eisen, die innen Gummipuffer tragen. Der Radstand beträgt 2,40 m, die Länge des Wagens von Puffer zu Puffer 5,15 m, die Breite 1,70 m. Die Plattform liegt 1,075 m über Schienenoberkante; sie hat ein Flächenausmaß von etwa 7 m^2. Das Eigengewicht des Wagens beläuft sich auf 6,3 t. Der Motor (4,5 kW) arbeitet mit 80 V und macht 1000 Umdr./min; die Übersetzung beträgt 1 : 30,8. Er kann dem Fahrzeug, wenn es allein benutzt wird, eine Geschwindigkeit bis zu 10 km/h erteilen und kann auf ebener Erde bei einer Höchstgeschwindigkeit von rund 6 km/h bis zu 35 t Anhängegewicht ziehen. Die Batterie besteht aus 40 Elementen der Akkumulatorenfabrik Oerlikon von je 111 Ah bei einstündiger und 162 Ah bei dreistündiger Entladung. Das Auswechseln der entladenen Batterien bereitet keine Schwierigkeiten; es kann, sofern nicht mehrere Wagen zur Verfügung stehen, auch während des Betriebes vor sich gehen.

Um normalspurige Wagen von einem dicht daneben liegenden Kleinspurgleis aus mittels eines kleinen Motorwagens zu verschieben, ist eine derartige Anlage in Probebetrieb.

Fahrbare Krane. Wo häufig schwere Lasten auf Plattformwagen gehoben werden müssen, ohne daß geeignete Hilfsmittel dafür vorhanden oder benutzbar sind, ist das Bedürfnis nach fahrbaren Kranen aufgetreten, die am zweckmäßigsten ebenfalls elektrisch betrieben werden. Es tritt dann zu der sonstigen Ausrüstung der Förderwagen noch ein Hubmotor mit Steuerschaltung hinzu. In Amerika nennt man diese Kranwagen der Elefantenähnlichkeit halber „Elektrofanten".

Elektrische Fahrbühnen. Das „Cowan - Transportsystem" ist in Nordamerika in einer Anzahl Maschinenfabriken, Eisengießereien und ähnlichen Betrieben eingeführt worden. Bei dieser Neuerung handelt es sich um eine sehr zweckmäßige Verbesserung des Handbeladungsbetriebs, deren Grundsatz darin besteht, daß die von einer Stelle zur anderen zu schaffenden Stücke nicht auf den Boden, sondern auf eine hölzerne Plattform gelegt werden, und zwar große Stücke ohne weiteres, kleinere aber in passende offene Kästen, die man auf die Plattform stellt. Ist eine genügende Menge Fördergut beieinander, so wird ein eigenartig geformter niedriger Karren unter die Plattform geschoben. Das Oberteil dieses Karrens läßt sich durch einen Hebel um mehrere Zentimeter heben und senken, und zwar hebt sich das Oberteil, wenn man den Hebel herunterdrückt. Dabei hebt sich die Plattform mit, so daß sie auf dem Karren fortgeschleppt werden kann.

Schiebebühnen mit elektrischem Antrieb beschreibt Thieme[2]). Wie auf allen Gebieten, so auch hier, gewinnt der elektrische Antrieb wegen seiner mannigfachen Vorzüge, einfacher Montage und Bedienung, ständiger Betriebsbereitschaft, großer Betriebssicherheit, schneller und sauberer Arbeitsweise und sanftem Antrieb immer mehr an Verbreitung. Die von Oerlikon gelieferte unversenkte Schiebebühne für eine große Gleishalle in Frankfurt a. M. trägt 30 t bei 0,5 m/s. Der Gleichstrommotor hat 220 V, 900 Umdr./min, 10 kW Dauerleistung und wird durch Fahrschalter und Vorschaltwiderstand gesteuert. Eine versenkte Fahrbühne für die Rhätische Bahn in Samaden ist für 70 t Tragkraft und 1 m/s Geschwindigkeit bestimmt. Der Drehstrommotor hat eine Höchstleistung von 15 kW, 220 V, 50 Per/s.

Eine weitere Schiebebühne mit Kran für 40 t vervollständigt die Typenbeschreibungen elektrisch betriebener Schiebebühnen, welche die nach Verwendungszweck und örtlichen Verhältnissen verschiedene Ausführungsart dieses für den Eisenbahnbetrieb wichtigen Fördermittels kennzeichnen.

Elektrohängebahnen nach System Bleichert beschreibt Dietrich[3]). Hier werden z. B. 2½ t Fördergut mit einer Wagenfolge von 8 s und 500 bis 600 t Stundenförderung angegeben, auf 40 km langen Strecken. In Kohlenlagern, Erzwerken, Kaligruben sind Elektrohängewagen beliebt geworden und eingeteilt in Elektrowindenbahn, Elektrogreiferbahn und einfache Hängebahnen. Es folgt eine Beschreibung der letzteren im Elektrizitätswerk Frankfurt a. M. und einer ähnlichen in der Deutschlandgrube. Eine Elektrowindenbahn für Kohle und Aschenbeförderung im Überlandkraftwerk Kulkwitz der Leipziger Landkraftwerke ist 200 m lang und für eine Förderung von 25 t/h. Diese wird von nur einem Mann bedient. Eine Elektrogreiferbahn im Kraftwerk des Elektrizitätswerkes Czinkota, Ungarn, dient zur Beförderung der Kohle zwischen den Eisenbahnwaggons, dem Lagerplatz und der Bunkeranlage, sowie zum Abtransport der Asche. Auch die Kesselhäuser der elektrischen Kraftwerke Harburg-Wilhelmsburg und Breitungen besitzen solche Anlagen.

Über Elektrohängebahnen in Gaswerken berichtet H. Dietrich[4]), daß solche Transportanlagen in steigendem Maße bei mittleren und kleineren Gaswerken Anwendung finden, weil infolge der Leichtigkeit ihrer Linienführung, ihrer Unabhängigkeit von der räumlichen Anordnung von Kohlenlagern und Gebäuden, der Vielseitigkeit ihrer Anwendbarkeit, ihrer Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit auch hier im Betriebe eine wesentliche Ersparnis erzielt wird.



Angeführt und näher beschrieben werden die elektrischen Förderanlagen in der Gasanstalt Assen in Holland, den Gaswerken zu Bromberg, Agram, Mainz, Erlangen, Hof. In der vielseitigen Verwendbarkeit der elektrischen Förderanlagen liegt ein außerordentlich wirtschaftlicher Nutzen für diese Gaswerke. Die Einbringung von 50 kg schlesischer Kohle kostet jetzt 1,25 Pf., englischer Kohle 0,9 Pf., so daß bei jährlich 17500 t rund M. 21000 erspart werden. Gegenüber der Handarbeit kann im mechanischen Förderbetriebe die 7fache Leistung mit den gleichen Ofenleuten und Hofarbeitern geleistet werden.

Drahtseilbahnen mit elektrischem Antrieb beschreibt Thieme[5]). Sie besitzen die großen Vorteile hoher Betriebssicherheit, geringer Bau-, Betriebs- und Unterhaltungskosten, bei relativ bedeutender Transportfähigkeit und angenehmer ruhiger Fahrt und Erreichung billiger Fahrpreise. Die Schweiz besitzt am meisten derartige Anlagen. Es werden beschrieben: Die Seilbahn Les Avants-Sonloup (750 V Gleichstrom), desgleichen Cassarate-Monte-Brè bei Lugano (3600 V Drehstrom), die Schwebebahn Fidaz-Flimserstein (210/220 V Wechselstrom). Die horizontale Entfernung der beiden Endstationen beträgt hier 1570 m, der Höhenunterschied 855 m. Eine Fahrt dauert 30 min. Jeder Wagen trägt 300 kg. Die ersten beiden dienen dem Personenverkehr, die letztere dem reinen Güterverkehr. Die Bergbahn Cassarate-Monte-Bré stellt eine der kühnsten Bauwerke mit den modernsten Ausführungen dar und bricht mit manchen älteren Regeln über Kurvenbau und Betriebsstromart.

Elektromobile Vorspannwagen beschreibt Max Grempe[6]) als Pferdeersatz für allerhand Fahrzeuge, insbesondere für städtische Fuhren bei Müllabfuhr, Material- und Werkzeugtransporte. Die schnelle Fahrbereitschaft, der einfache mechanische Aufbau und die einfache Bedienung lassen das Vorspann-Gefährt besonders begehrenswert erscheinen. Außer der beschriebenen Anlage in Fürth sind solche in Cöln, in Düsseldorf und Altona in mehrjährigem Betriebe. Das motorische Vorspann-Gefährt, auch in vollständig selbständiger Form, bürgert sich für kommunale Betriebe mehr und mehr ein.

Ein englischer **gleisloser Güterwagen** kann nach C. J. Spencer[7]) Strom von der Fahrleitung der Straßenbahn mit 500 V durch geeigneten Fahrkontakt und Schienenkontakt entnehmen. Die Batterie (150 V) und der Motor (500 V) sind hierbei hintereinander geschaltet. Bei unabhängiger Fahrt gibt diese Batterie dem Motor den Betriebsstrom und bedingt hierbei eine geringere Fahrgeschwindigkeit. Bei gebundener Fahrt ladet die Fahrleitung die Batterie auf und gilt als Vorschaltwiderstand. Das Untergestell ist ein abgebauter Personen-Automobilwagen und mit Ladeplatten für 2 t Last ausgerüstet. Die vielseitige Verwendung dieses zweifach ausnutzbaren Gefährtes wird besonders hervorgehoben.

Ein **elektrisches Lastauto** für 1 t Last beschreibt Pearce[8]). Es besitzt nur eine Geschwindigkeit von 3,2 km/h und beweist trotzdem eine wirtschaftliche Bedeutung gegen Pferdebetrieb, insbesondere, weil Ausbesserungen alsdann sehr gering sind und die vergrößerten Personalkosten zurückgedrängt werden. Eine Kurventafel zeigt die Abhängigkeit der Betriebskosten von der Geschwindigkeit.

[1]) Franz Woas, Technik für Alle 1916. — [2]) H. Thieme, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 581. — [3]) H. H. Dietrich, El. Kraftbetr. 1916, S 1, 13. — [4]) H. H. Dietrich, J. Gas, Wasser 1916, S 23, 33. — [5]) H. Thieme, El. Kraftbetr. 1916, S 129, 140, 149. — [6]) P. M. Grempe, Mitt. Ver. EW 1916, S 416. — [7]) C. J. Spencer, Electr. (Ldn) Bd 77, S 225. — [8]) Pearce, Electr. (Ldn) Bd 77, S 952.

Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen.

Von Prof. Rud. Krell.

Verladebrücken und Krane. H. Krapf[1]) bespricht die Hebezeuge an der Schweizerischen Landesausstellung in Bern 1914, von welchen verschiedene mit Einphasen-Kollektormotoren Dérischer Schaltung betrieben wurden. Die mechanische Motorfernsteuerung der Gießerei Bern durch sehr geschmeidiges, dünnes Stahlband wird beschrieben, ebenso eine Fernsteuerung der Maschinenfabrik Oerlikon, bei welcher statt der Vierkant- oder längsgenuteten Welle eine Steuerstange verwendet wird, welche durch Stehbolzen mit einer schwingenden Welle parallel zu dieser verbunden ist. Auf der Laufkatze befindet sich ein doppelarmiger Hebel, dessen einer Arm eine federnd gelagerte Rolle trägt, welche an der Steuerstange entlang rollt. Durch Drehung der Steuerwelle wird der Hebel und durch diesen die Verstellung der Kommutatorbürsten bewerkstelligt. Auch Wintermeyer[2]) behandelt verschiedene Steuerungsanordnungen für Wechselstrom-Kollektormotoren, welche in bezug auf den Steuerstand nicht ortsfest sind und bespricht die Eigenschaften des Kollektormotors als Reihenschlußmotor mit einfachem oder doppeltem Bürstensatz, als Einphasenkollektormotor mit Dérischer Schaltung und als Doppel-Kollektormotor mit Dérischer Schaltung für Anschluß an ein Drehstromnetz. — C. Büthe[3]) gibt außerdem noch den Schaltplan für einen Dreimotoren-Laufkran mit Einphasen-Kommutatormotoren in Dérischer Schaltung und Starkstrom-Endschaltung für alle Bewegungen. Ferner wird die Hilfsstrom-Endschaltung für Hubwerke behandelt. Für die im JB 1915, S 106 bereits behandelte Krananlage im Osthafen von Frankfurt a. M. mit Einphasen-Dérimotoren der BBC werden die Stromverbrauchsangaben für ein Kranspiel wie folgt mitgeteilt:

Greifen	70 Wh
Heben des gefüllten Greifers (= 4 t) auf 18 m	310 ,,
Drehen mit gefülltem Greifer um 140	33 ,,
Verfahren des Krans um 40 m	130 ,,
Senken und Greiferöffnen	—
Schließen des leeren Greifers und Heben desselben auf 10 m Höhe	125 ,,
Zurückdrehen mit leerem Greifer um 140	29 ,,
Zurückfahren mit leerem Greifer um 40 m	115 ,,
Im ganzen für ein Kranspiel	812 Wh

Eingehende Untersuchungen über die Kosten von Dampf- und elektrischen Kranen hat K. Giese[4])[5]) in dem Duisburg-Ruhrorter Hafen an 14 elektrischen und 5 Dampfgreiferkranen bei der Verladung von Kohle angestellt. Die Betriebskosten sind abhängig von dem Ausnutzungsgrad der Krane. Die ideelle Jahresleistung berechnet Giese zu 400000 t für einen Dampfkran und 550000 t für einen elektrischen Kran. Mit den Grundpreisen von M 15 für 1 t Kohlen, 10 Pf für 1 m³ Wasser und 8 Pf für die kWh, ergab sich für die Förderung von 10 t Kohle auf 10 m:

	bei Dampfbetrieb	elektr. Betrieb
Verzinsung, Abschreibung u. Unterhaltung	**12,0 Pf**	**10,0 Pf**
Betriebskosten	**15,5 ,,**	**11,6 ,,**
Im ganzen	**27,5 Pf**	**21,6 Pf**

Bei dem Greiferbetrieb entfallen 40% der Kosten für das Kranen auf das Bewegen der toten Last. An Hand der Versuche werden in einer Tafel die Gesamtkosten für elektrischen und Dampfbetrieb bei verschiedenen Preisen für Strom und Kohlen zeichnerisch dargestellt.

Ein Beispiel für die widerstandsfähige Bauart von Elektromotoren bieten die von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G.[6]) seit einigen Jahren gebauten Motorgreifer. Bei diesen Greifern ist ein Motor für das Schließ-

werk auf dem Greifer selbst angebracht. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß der Greifer an jeden Kran mit gewöhnlichem Windwerk angehängt werden kann, und daß das ganze Greifergewicht beim Greifen wirksam ist.

Im Eisenhütten- und Verladebetrieb hat sich der Lastmagnet weiter eingeführt. E. Blau[7]) bespricht verschiedene Bauarten. Bei den Lastmagneten der A.-G. Lauchhammer sind neuerdings die Magnetspulen zum Zwecke der Isolierung aus oxydierten Aluminiumdrähten hergestellt, in Glimmer eingebettet, der mit einer Imprägniermasse getränkt ist, und schließlich mit gut wärmeleitender Masse umgossen. Das Magnetwerk Eisenach G. m. b. H. stellt die Wicklung seiner Lastmagnetspulen aus Zinkdraht her und sorgt für Wärmeabfuhr durch Luftkühlung vermittels eines kleinen Elektroventilators, welcher geschützt in den Lastmagnet eingebaut ist. Ein Versuchsmagnet von 1500 mm Durchmesser und einer Stromaufnahme von etwa 17 kW ergab bei Dauereinschaltung eine Übertemperatur von 55° C. Ein normaler Lastmagnet mit Kupferdrahtwicklungen und gleichen Abmessungen würde bei einer Stromaufnahme von 6 kW innerhalb zweistündiger Dauereinschaltung eine Übertemperatur von 80° bis 100° C annehmen. Der größte bisher ausgeführte Rundmagnet wurde von der Deutschen Maschinenfabrik A.-G. geliefert und besitzt einen Durchmesser von 1900 mm. Besonders groß sind die Vorteile, die bei elektromagnetischer Förderung von Schrottmaterial erreicht wurden. Die Entlade- und Transportkosten sind gegenüber früheren Verladungsarten auf ½ bis ⅓ gesunken. Die Stapelhöhe, die bei Handverladung höchstens 3 m betragen durfte, kann jetzt bis zu 7 m angenommen werden, so daß auch eine bessere Raumausnutzung erreicht wird. Rasch arbeitende Krane können in diesem Betriebe bis 100 Spiele in der min ausführen. Bewährt haben sich die Lastmagnete auch zum Abheben von Tiefofendeckeln, deren Temperatur im Mittel etwa 250° C beträgt. Jordan[8]) beschreibt einen Fall, in welchem für das Fahrwerk eines Drehkrans eine Magnetbremse trotz verschiedener Änderungen nicht zum befriedigenden Arbeiten gebracht werden konnte und schließlich durch eine Druckluftbremse ersetzt wurde. Da die an der Magnetbremse vorgenommenen Änderungen nicht näher angegeben werden, läßt sich der Fall nicht weiter beurteilen.

Hängebahnen. H. Hermanns[9]) bespricht die Verwendung von Hängebahnen in Chlorkaliumfabriken und auf Kaliwerken. Seine wirtschaftliche Vergleichung von Hängebahn, Schneckentransport und Elektrohängebahn fällt zugunsten der letzteren aus.

P. Kirchhoff[10]) gibt eine Zusammenstellung der Zugdeckungseinrichtungen, Steuerungen und Weichensicherungen für Elektrohängebahnen. Es werden die Steuerungen als Selbststeuerungen oder Fernsteuerungen mit Schaltwalzen bzw. Einzelschaltern behandelt und auch einige bedeutendere Ausführungen beschrieben.

Motorkarren. Ist es mit der Zeit, nicht ohne Fehlschläge, gelungen, für die Stapelung von Gütern in Speichern und Schuppen durch elektrisch betriebene Stapelelevatoren die mechanische Förderung unter schwierigen Verhältnissen mit Erfolg einzuführen, so zeigen die in Amerika neuerdings verwendeten Motorkarren[11]), daß sich auch für den Flachtransport in solchen Räumen und unter ähnlich schwierigen Verhältnissen die mechanische Förderung mit Vorteil verwenden läßt. Auf den verschiedenen Bahnhöfen von New York wurde durch Verwendung von elektrisch betriebenen Motorkarren eine Ersparnis von 0,50 M für die t erreicht, bei einer Verminderung der Arbeiterzahl von 64%. Auf den Bahnhöfen von Salamanca und Marion war die Ersparnis sogar 0,661 bzw. 0,573 M für die t. Je länger der Transportweg wird, um so größer ist die Ersparnis. Die Cunard-Linie erzielte bei 45 bis 60 m Weg 4,88 M und bei 180 bis 200 m Weg 10,56 M Ersparnis für eine Karre und Stunde. Auch in Maschinenwerkstätten bewährt sich die Karre gut. In einem Werke wurden von einer Karre in 8 h 38 m 65,54 t in 71 Ladungen befördert. Die dabei zurückgelegte Entfernung betrug 42,92 km. Die 1120 kg schwere Karre wird von einem Elektro-

motor von 1,5 kW bei 75 V Spannung und 1500 Umdr./min angetrieben, der von einer unter der 0,5 m hohen Plattform angebrachten, 280 kg schweren Batterie mit 40 Zellen gespeist wird. Die Batterie hat eine Kapazität von 80 Ah. Die elektrische Schaltvorrichtung ist in Abhängigkeit von einem Fußkontakt gebracht, so daß die führerlos gewordene Karre sofort stillsteht und auch gebremst ist. Die Karre ist in der Lage, kurze Steigungen bis zu 6% zu nehmen und kann mit 1000 kg Nutzlast in der Ebene 8 km/h zurücklegen.

Verschiedene Fördervorrichtungen. K. Dobbelstein[12]) weist auf die Vorteile der Beschickung von Koksöfen mit elektrisch betriebenen Fülltrichterwagen hin. Bei Neuanlagen ist es zweckmäßig, Trichterwagen, die eine ganze Ofenfüllung von 8 bis 12 t aufnehmen können, zu verwenden. Für den Umbau alter Anlagen kommen jedoch Wagen mit kleinerem Fassungsvermögen von 2,5 bis 3,5 t in Betracht, da sich meist Gleiskurven nicht vermeiden lassen werden. Zu einer Anlage gehören drei von 1 Mann bediente Wagen, die je von einem Motor von etwa 4,5 kW angetrieben werden. Der Mann ist in der Lage, bis zu 80 Öfen allein zu beschicken, und es ergibt sich eine Ersparnis gegen Handbeschickung von 10 bis 12 Mann für den Ofen.

Welche Vorteile sich durch elektrischen Antrieb bei Rohrpostanlagen erzielen lassen, zeigt H. Schwaighofer[13]) an dem Umbau der Rohrpost-Fernanlage München. Die Anlage wurde von 11 km Leitungen auf 39 km Leitungen vergrößert und gleichzeitig umgebaut, so daß sie jetzt 5 Kreis- und 5 Wendebetriebslinien mit 4 elektrischen Kraftanlagen von im ganzen 220 kW durchschnittlicher Leistung besitzt. Der elektrische Betrieb erleichterte die mechanische Dezentralisation sehr, durch welche eine Verbilligung der ganzen Anlage erreicht wurde. Auch konnte die Automatisierung weiter getrieben werden, z. B. durch das selbsttätige An- und Abschalten aller Kleinpumpen.

Aufzüge. W. Schönherr[14]) bringt das Leitungsschema der elektrischen Hebelsteuerung für Aufzüge mit Gleichstromnebenschlußmotor für eine Geschwindigkeit und mit Gleichstromcompoundmotor für zwei Geschwindigkeiten. Für beide Fälle wird außerdem noch die kombinierte elektrische Druckknopf- und Hebelsteuerung behandelt. F. Cruse[15]) gibt eine vereinfachte Druckknopfsteuerung für Lastenaufzüge und beschreibt ferner an Hand von Schaltbildern Wendeschützsteuerungen[16]) elektrisch betriebener Aufzüge für Gleichstrom und Drehstrom.

Baggermaschinen. Ein Vergleich des Gleichstrom- und Wechselstrombetriebes bei Schaufelbaggern[17]), der von W. Rogers an Baggern, die unter gleichen oder ähnlichen Bedingungen zu arbeiten hatten, angestellt wurde, ergab bei Gleichstromantrieb für 1 m³ Fördergut einen Energieverbrauch von 0,314 kWh und bei Drehstromantrieb 0,37 kWh. Außerdem wird auf die wesentlich raschere Arbeitsweise in Amerika gegenüber Deutschland hingewiesen. Während ein Spiel in Amerika in 21 bis 23 s durchgeführt wird, ist in Deutschland bei gleicher Baggergröße ein Zeitaufwand von 40 bis 60 s gebräuchlich. Sanio[18]) beschreibt elektrisch betriebene Kratzeimerbagger für einen Kanalbau der U. S. A. Die Baustrecke war 72 km lang und lag 13 bis 32 km von der nächsten Bahnlinie entfernt, die für Kohlenbeschaffung in Betracht gekommen wäre. Aus diesem Grunde wurde eine elektrische Kraftversorgung aus 120 km Entfernung mit 48600 V Hochspannung vorgezogen. In drei an der Kanallinie liegenden Unterwerken von je 700 kW wurde der Strom auf 16500 V herabgesetzt und in eine Verteilungsleitung längs des Kanals geliefert. Von dieser Leitung wurde der Strom durch fahrbare Umformerwerke abgenommen und auf 2200 V gebracht. Die letzte Umformung auf 440 V Betriebsspannung erfolgte durch einen im Bagger aufgestellten Umformer. Die Stromzuführung von dem fahrbaren Umformer zu dem Bagger vermittelte ein etwa 300 m langes, stahlarmiertes Dreileiterkabel. Die Bremsen und Reibungskuppelungen der Bagger wurden durch Druckluft betätigt.

[1]) Krapf, Schweiz. Bauztg. Bd 67, S 7, 15, 59, 71, 85, 143. — [2]) Wintermeyer, Helios Exportz. 1916, S 1029, 1059, 1073. — [3]) C. Büthe, Fördertechnik 1916,

S 49. — [4]) K. Giese, El. Kraftbetr. 1916, S 305, 317. — [5]) ETZ 1916, S 609. — [6]) El. Kraftbetr. 1916, S 58. — [7]) E. Blau, El. Kraftbetr. 1916, S 289. — [8]) Jordan, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 661. — [9]) H. Hermanns, Fördertechnik 1916, S 81. — [10]) P. Kirchhoff, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 127. — [11]) ETZ 1916, S 8. — [12]) K. Dobbelstein, El. Kraftbetr. 1916, S 49. — ETZ 1916, S 81. — [13]) H. Schwaighofer, ETZ 1916, S 317. — [14]) W. Schönherr, El. Anz. 1916, S 657, 668. — El. Anz. 1916, S 675. — [15]) F. Cruse, El. Anz. 1916, S 359, 373. — [16]) F. Cruse, El. Anz. 1916, S 515. — [17]) El. Kraftbetr. 1916, S 311. — [18]) Sanio, El. World Bd 67, S 255. — El. Kraftbetr. 1916, S 245.

Maschinenantrieb in Fabriken, Pumpen, Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge. Landwirtschaftlicher Betrieb.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Brückmann.

Maschinenantrieb.

Bei der weitgehenden Ausnutzung der Arbeitskräfte und den fühlbaren Schwierigkeiten der Brennstoffbeschaffung für kleine Verbrennungsmotoren wird in der heutigen Zeit der Elektromotor als bester Vermittler der im großen aus Kohle gewonnenen Arbeit vielfach dort verwendet, wo früher einem anderen Antriebe der Vorzug gegeben wurde.

Pumpen und Wasserhaltungen. Ein besonders gutes Beispiel dafür gibt das Wasserwerk der Stadt St. Gallen[1]), das 1908 seinen Betrieb durch einen Dieselmotor nebst Pumpe, 1914 dagegen durch einen Elektromotor nebst Pumpe gleicher Leistung, nämlich je 6 m^3/min bei 370 m Förderhöhe erweiterte. Da der Vergleich der beiden Anlagen von allgemeinem Interesse ist, seien verschiedene Angaben zahlenmäßig, als erste Zahl für den Dieselbetrieb, als zweite für den elektrischen Betrieb nebeneinander gestellt: Raumbedarf: 150 m^2 gegen 50 m^2, Anlagekosten: 218000 M gegen 78000 M Betrieb: Bei Rohölfriedenspreisen 4,9 Pf/m^3 gegen 5,3 Pf/m^3 Gesamtbetriebskosten: 7,6 Pf/m^3 gegen 7,3 Pf/m^3, so daß sich also bereits zu gewöhnlichen Brennstoffpreisen der elektrische Betrieb etwas billiger stellt. Ein völlig selbsttätiges Wasserwerk hat die Stadt Mülhausen i. E.[2]) als Erweiterung errichtet. Die Höhenunterschiede im Weichbild dieser Stadt betragen etwa 100 m, wodurch die Anordnung eines Niederdruck- und eines Hochdruckgebietes angebracht erschien. Das letztgenannte wurde stärker bebaut und deshalb durch zwei Thetispumpwerke mit je einer Betriebspumpe von 30 m^3/h und einer Brandpumpe von je 60 m^3/h ohne besonderen Hochbehälter erweitert. Die ein- bzw. zweistufigen Schleuderpumpen werden von Drehstrommotoren von 11 bzw. 22 kW, 220 V angetrieben, die Überwachung besteht im wesentlichen aus einmaliger Besichtigung in der Woche gelegentlich des Auswechselns der Aufzeichnungsstreifen der schreibenden Instrumente. Auch Abwasseranlagen sind durch elektrischen Betrieb erweitert worden. So errichtete die Stadt Berlin-Schöneberg[3]) eine Kläranlage 29 km außerhalb der Stadt, zu der zurzeit eine Rohrleitung von 1 m l. W. führt, während eine zweite von 1,2 m l. W. für später vorgesehen ist. Die an sich nicht erhebliche Druckhöhe von 20 m steigert sich durch große Reibungswiderstände in den Leitungen zeitweise bis zu 60 m. Bis 1913 waren vier Dampfpumpen von je 120 bis 240 l in der Sekunde im Betrieb, wozu jetzt ein elektrisch angetriebener Pumpensatz mit zwei Pumpen und einem Drehstrommotor von 600 kW bei 590 Umdr./min getreten ist. Die beiden Pumpen, von denen eine unmittelbar nachgiebig, die andere ausrückbar gekuppelt ist, arbeiten bei Förderhöhen, die 45 m übersteigen, in Reihe. Seitens der General Electric Co. wurde in Schenectady eine Kläranlage[4]) mit einem Kostenaufwand von 400000 M, wovon 80000 M auf das Pumpwerk entfallen, mit einer Leistung von 5700 m^3 täglich errichtet. Das Pumpwerk enthält drei Schleuderpumpen mit senkrechter Welle, die durch Schwimmer derart gesteuert werden, daß das selbst-

tätige Einschalten der Pumpen je nach Höhe des Flüssigkeitsspiegels nacheinander erfolgt. Bemerkenswert ist eine neue Anordnung zur Reinigung der Rechen vor den Pumpen von Schmutzablagerungen, wobei die festen Bestandteile von Zeit zu Zeit unter Umgehung der Pumpen durch Druckluft unmittelbar in die Druckleitung geblasen werden. Auf dem Gebiet der Hauswasserversorgung[5]) sind zahlreiche neue Anordnungen auf den Markt gelangt (vgl. JB 1913, S 112 und 1914, S 113). Insbesondere sind nach J. Schmidt die schnellaufenden Kolbenpumpen für unmittelbaren Antrieb durch Elektromotor weiter ausgebaut worden. So stellen Weise & Monski stehende, einfach wirkende Pumpen bis 40 m Förderhöhe mit 0,9, 1,5, 2,2, 3,5 und 5 m^3/min mit selbsttätiger, für acht Tage ausreichender Hauptölschmierung her. Seitens der Maschinenfabrik Osenbrück & Co. in Hemelingen bei Bremen werden schnellaufende Kolbenpumpen „Express-Ossenco" bis 1000 Umdr./min gebaut. Als wesentliche Neuerung, die den Schnellbetrieb erst ermöglicht, sind anstatt der üblichen Ventile selbsttätig federnde Plattenventile, die kiemenartig wirken, eingeführt. Kleine Kreiselpumpen werden in großer Zahl unter den verschiedenartigsten Benennungen in den Handel gebracht. So z. B. eine 1- bis 6stufige Kreiselpumpe „Kleinod" von Klein, Schanzlin & Becker für 1 bis 6 m^3/h, „Krystall" von Borsig, Berlin, „Evolvette" von Amag. Hilpert, Nürnberg, „Mikra" von Weise Söhne, Halle a. S., die sich durch den besonders hohen hydraulischen Wirkungsgrad von 82% infolge sorgfältiger Schaufelung auszeichnet und in einer Stufe Druckhöhen bis 40 m erreicht. Das Laufrad ist so leicht und schmal, daß die ganze Pumpe, deren Gehäuse als Motorlagerschild ausgebildet ist, unmittelbar auf die unverlängerte Welle des Antriebsmotors aufgesetzt werden kann. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt im Höchstwert 48% bei 60 l/min gegenüber einem solchen von 15 bis 20% bei sonst üblichen Ausführungen von Kreiselpumpen derart kleiner Leistung. Seitens der Firma Rudolf Wolter, Berlin, wird eine zwischen Kreisel- und Kapselpumpe stehende neue Hauswasserpumpe ausgeführt, die aus einer Rundlaufpumpe mit feststehenden Schiebern nebst dem Einlauf vorgeschalteter Kreiselpumpe besteht. Die Steuerung aller neueren Ausführungen erfolgt durch den Druck im Vorratsbehälter mit Kontaktdruckmesser oder durch schwimmerartigen, vom Druck im Auftrieb abhängigen Gummisack. Für Grundwasserabsenkung[6]) findet die elektrisch angetriebene Kreiselpumpe als Baugrubenpumpe, die sich sehr leicht den örtlichen Anforderungen anpaßt, weiter ausgedehnte Anwendung. In der Leonardgrube in Butte Mont.[7]), einem Kupferbergwerk, ist eine selbsttätige Wasserhaltung mit Förderhöhe von 400 m und fünf Pumpen von je 1,36 m^3/min angetrieben von Motoren von je 110 kW Leistung im Betrieb. Die Schaltanlage für Druckknopfsteuerung enthält einen selbsttätigen Höchststrom- und Nullspannungsausschalter für 2000 A. Ein anderer Grubenbezirk Down Town in Leadville[8]), der mannigfache Schicksale durchmachen mußte, bietet Gelegenheit zum Vergleich von Dampf- und elektrischer Wasserhaltung. Wie W. H. Horton berichtet, ließ man diese zurzeit größte Anlage in Amerika, die vor 17 Jahren bei 165 m Teufe und 50 km Stollen Dampfwasserhaltung besaß, während des Grubenarbeiterausstandes in den Jahren 1896 bis 1897 ersaufen. 1898 wurde eine Gesellschaft von den verschiedenen beteiligten Unternehmungen gemeinsam gegründet, die den Schacht wieder trocken legte, was bis Oktober 1899 gelang. Einige Monate später übernahm dann diese etwas abgeänderte Gesellschaft den Dauerbetrieb der Wasserhaltung. In den Jahren 1907 bis 1908 ließ man, da sich der weitere Abbau infolge Preistiefstandes nicht mehr lohnte, die Grube, deren Schacht inzwischen auf 267 m abgeteuft war, zum zweiten Male vollaufen, aber infolge Verbesserungen im Schmelzverfahren und abbaufähiger Zinkfunde wurde in den Jahren 1914 bis 1915 der Betrieb wieder lohnend und eine neue Gesellschaft diesmal für elektrische Entwässerung der Grube gegründet. In dem Hauptschacht, der drei Kammern besitzt, wurden in den beiden Außenkammern je eine Abteufpumpe und eine festangeordnete Schachtpumpe für Förderhöhen von je 130 m und Mengen von 9 m^3/min angeordnet. Die Hilfspumpen, in einer Tiefe von

130 m im Schacht aufgestellt, arbeiten ohne Sumpf unmittelbar in Reihe mit den Abteufpumpen, deren Heben und Senken von Dampfwinden ausgeführt wird, um bei Versagen der Elektrizitätslieferung die Pumpen aus dem Schacht heben zu können. Als Hauptschachtfördermaschine dient die für elektrischen Betrieb umgebaute alte Dampfförderanlage. Vergleichsweise sind im folgenden verschiedene Angaben für Dampf- und elektrischen Betrieb, beide bezogen auf 165 m Teufe, nebeneinander gestellt. Anlagekosten 697000 M gegen 320000 M; Betriebskosten im ganzen 567000 M gegen 193000 M. Die Dauer der Entwässerung betrug für den elektrischen Betrieb dabei nur 40% der bei Dampfbetrieb erforderlichen Zeit. Die Ausbesserungskosten waren erheblich geringer.

Fächer und Gebläse. In Amerika haben die dort wichtigen Fächer[9]) weitere Ausbildung als Decken-, Wand- und Tischfächer für Geschäfts- und Wohnräume, sowie für Zwecke des täglichen Gebrauches gefunden. Nicht weniger als 15 Werke haben neue Formen auf den Markt gebracht. Bemerkenswert ist die Verbindung von Beleuchtungskörper mit Deckenfächern. Meist sind die fest oder schwingend ausgeführten Wand- und Tischfächer mit mehreren Geschwindigkeitsstufen und für Gleich- und Wechselstrombetrieb ausgestattet. Eine wagrechte Tischfächerausführung mit senkrechter Motorwelle gestattet auf einer über dem Fächer angebrachten Platte die Kühlung von Obst und Blumenschmuck auf der Tafel. Seitens der Schmidtschen Heißdampfgesellschaft m. b. H.[10]), Cassel-Wilhelmshöhe, wird nach amerikanischem Muster eine Saugzuganlage für Kessel ausgeführt, bei der der Fächer unmittelbar in den Kamin eingebaut ist. Durch besondere Anordnung sind Antriebsmotor und Lager dem Abgasstrom entzogen und werden einschließlich der freifliegend ausgeführten Fächerspindel von Kühlluftstrom umspült. Ähnliche Ausführungen finden auch bei Luftheizungen Anwendung, bei denen die durch Abstellen der Heizung in einzelnen Räumen erforderliche Dämpfung des Feuers selbsttätig durch Hilfssteuerschalter erreicht wird. Zur Verwertung des nicht anderweitig abgesetzten Koks verwendet die städtische Gasanstalt Tegel[11]) zwei Kreiselgebläse von je 1000 m^3 Luft bei 550 mm WS zur Erzeugung von Wassergas, das dem Steinkohlengas beigemengt wird. Der Antrieb der Gebläse erfolgt je nach Belastung des Elektrizitäts- oder Gaswerkes elektrisch oder durch Gegendruckturbine. Auf Zeche Zollverein wurden von R. Goetze[12]) Versuche an dem 4,5 m Flügelraddurchmesser besitzenden doppelseitigen Grubenlüfter für 12000 m^3 bei 246 Umdr./min und 262 mm Unterdruck ausgeführt. Der Antrieb geschieht durch Motor mit Kaskadenschaltung und Polumschaltung des Hintermotors wodurch 246, 222, 214, 204 und 185 Umdr./min erzielt werden können. Der Verbrauch beträgt bei höchster Geschwindigkeit 1,44 kW, bei niedrigster 1,5 kW für 1 kW Nutzleistung des Lüfters. Ausführungen der SSW und AEG für schwierige Betriebe[13]) [14]) zum Antrieb von Kreiselpumpen, Gassaugern und Hochofengebläsen zeigen meist vollkommen geschlossene Form, falls ein Schutz des Motors gegen Einflüsse der Umgebung erforderlich erscheint, da die Anwendung von Filtern die Motorleistung kaum nennenswert erhöht und sorgfältige Wartung erfordert. Für offene Ausführung in schlagwetter- oder explosionsgefährlichen Räumen hat sich die luftfreie Ausführung der Wicklung nebst gasdichter Kapselung funkengefährlicher Teile bewährt. Für künstliche Kühlung ist bei fehlendem Kühlwasser mit Vorteil z. B. in Kohlenwäschen auch die Trennung des Motorkühlluftstromes von dem staubhaltigen Außenluftstrom durchgeführt, wobei derartige Motoren etwa 90% der Leistung solcher offener Bauart aufweisen. Von BBC werden kleine Kolbengebläse[15]) in den Handel gebracht, die für Umlaufszahlen von 1000 bis 500 bei 2,6 bis 9 kW Antriebsleistung und einer Luftmenge von 0,37 bis 1,3 m^3/min für unmittelbaren Zusammenbau mit dem Motor geeignet sind. Die Schmierung geschieht selbsttätig durch Heißdampföl, das bei gewöhnlicher Temperatur schwerflüssig, erst bei betriebsmäßiger Erwärmung des durch den Schmiertopf geführten Druckrohres soweit flüssig wird, daß es die Schmierkanäle durchfließen kann.

Eis- und Kühlanlagen. Von Escher, Wyß & Co., Ravensburg (Württ.), und der AEG gemeinsam wird eine Kältemaschine[16]), die auf ähnlichen Grundlagen wie die JB 1915, S 111 erwähnte aufgebaut ist, hergestellt. Motor, Kolbenpumpe und Verdampfer sind senkrecht übereinander angeordnet, als Kältemittel dient Methylchlorid, das einen nach außen hin vollkommen abgeschlossenen Kreislauf durchmacht. Die kleinere dieser „Autofrigor" benannten Maschinen kühlt einen der üblichen Haushaltseisschränke, in dessen Eisbehälter sie unmittelbar eingehängt werden kann, bei 10stündigem Betrieb und einer Außentemperatur von 20 bis 25° C auf 0 bis 5° und liefert außerdem 4 bis 8 kg Eis in besonderen Gefriergefäßen. Als Kühlflüssigkeit wird 40% Chlorkalziumlösung mit 0,2% Natronhydratzusatz empfohlen.

Metallbearbeitung. Bei dem unmittelbaren Zusammenbau von Werkzeugmaschine und Motor sind, wie Müller[17]) ausführt, weitere Fortschritte gemacht worden. Die Frage des Einzel- oder Gruppenantriebes[18]) ist in den Werkstätten der AEG in zwei besonders ausgeprägten Beispielen gut gelöst. In der Turbinenfabrik[19]) werden auf einer Aufspannplatte von 200 m² die großen Werkstücke von Werkzeugmaschinen mit Einzelantrieb, die je nach Bedarf herangeholt werden, bearbeitet. Hydraulische Pressen für 200 atm Druck stellen ohne weitläufige Druckleitung ihr Druckwasser durch besondere elektrische Pumpen her. Für große Einzelmaschinen kommt naturgemäß nur Einzelantrieb in Frage, wie z. B. bei den großen wagrechten Plandrehwerken[20]), bei denen eine mechanische Kraftübertragung wegen der erforderlichen Wellendurchmesser undurchführbar wäre; braucht doch das größte dieser Drehwerke von 10 m Scheibendurchmesser 200 t Tragfähigkeit und 4 m Arbeitshöhe allein 150 kW für die Plandrehscheibe und 40 kW für Support und andere Hilfsbewegungen, ist allerdings auch imstande, Späne von Gußeisen von 15 bis 18 kg größter Festigkeit im Querschnitt von 25 × 15 mm bei 9 m Schnittgeschwindigkeit abzutrennen. Das Gesamtgewicht des Drehwerkes einschließlich Motoren beträgt 370 t. Daneben sind noch zwei ähnliche von 6 m und 4 m Scheibendurchmesser im Betrieb. Seitens der SSW und Bergmann werden Hand- und bewegliche Bohrmaschinen[21]) in den verschiedensten, allen Verwendungszwecken sich anpassenden Formen hergestellt. Eine von F. A. Buttrick[22]) näher beschriebene Taschenmesserfabrik in Walden am Walkillfluß wird durch elektrischen Betrieb mit im ganzen 170 kW in den Stand gesetzt, täglich 500 Dutzend Taschen- und Tafelmesser fertigzustellen.

Holzbearbeitung. H. Thieme[23]) beschreibt die Arten des elektrischen Antriebs für ortsbewegliche Sägen und Hobelmaschinen verschiedener Art, Putzmessermaschinen und Kettenstemmmaschinen für Zapflöcher. Meist genügen die üblichen Motoren offener Ausführung, die in eine Holzverschalung eingebaut werden. Von Staub- und Spanabsaugung sollte weitgehender Gebrauch gemacht werden.

Steinbearbeitung. Für den Salzbergbau sowie für leichten Erz- und Kohlenbergbau kommt eine neuere Drehbohrmaschine[24]) mit 1 kW Kraftbedarf und 1,2 m Bohrleistung in der Minute in mildem Gestein in Anwendung. Einschließlich Anstellen und Auswechseln von Bohrern lassen sich stündlich 10 bis 15 m Bohrloch erzielen. — Der bisher von Dampfmaschinen im Gruppenantrieb ausgeübte Betrieb von Spiegelglasschleifern ist neuerdings mit Erfolg auch mit elektrischem Einzelantrieb[25]) durch Motoren mit senkrechter Welle durchgeführt worden. Die Antriebsleistung für den Tisch von 10 bis 12 m Durchmesser beträgt bei 10 bis 30 Umdr./min 260 bis 450 kW. Die Motoren werden wegen des bei der Schleiferei unvermeidlichen Spritzwassers mit feuchtigkeitssicherer Wicklung versehen.

Weberei, Faserstoffaufbereitung. Für den Zeugdruck[26]) werden an die Regelung des Antriebsmotors weitgehende Anforderungen gestellt. Das Einstellen der Rapporträder erfolgt bei geringer Geschwindigkeit, das eigentliche Drucken geschieht je nach Art des Musters und Rohstoffes bei 20 bis 70 m/min und zum Waschen laufen die Walzen mit erhöhter Geschwindigkeit. Bei Gleich-

strom wird Dreileiternetz mit zwei verschiedenen Ankerspannungen oder Leonardschaltung angewandt, während seitens der AEG-Union neuerdings ein ungleiches Dreileiternetz von 110 + 220 mit drei verschiedenen Ankerspannungen ausgeführt wird. Als durchschnittlicher Kraftbedarf für die Farbe und für 1 m Stoffgeschwindigkeit ist bei kleineren Maschinen 0,059 kW, bei größeren 0,044 kW in Rechnung zu setzen.

Berg- und Hüttenwesen, Walzwerke. H. Hermanns[27]) behandelt Fragen aus dem elektrischen Kraftbetrieb in Eisenwalzwerken. Bemerkenswert ist der selbsttätige elektrische Sägenvorschub und die ähnlich ausgeführte Walzenanstellung bei Radreifenwalzwerken. Wichtig ist der Antrieb der Rollgänge, der durch einen neuen Unterbrechungszähler der AEG dauernd unter Aufsicht gehalten werden kann. Die Bedenken gegen elektrischen Antrieb von Umkehrwalzenstraßen sind soweit geschwunden, daß jetzt sogar mehrere Straßen an einen Schwungradumformer angeschlossen werden, wodurch eine weit bessere Ausnutzung der Schwungmassen erzielt wird. In der Adolf-Emil-Hütte des Gelsenkirchner Bergwerkvereins A.-G. in Esch ist z. B. seit Mitte 1912 eine Anlage, bestehend aus einer Triofertigstraße, einer Duofertigstraße und einer durchlaufenden Strecke mit zwei Doppelankerantriebsmotoren von je 8500 kW Leistung im Betrieb, die von einem Umformer mit zwei Dynamos aus gesteuert wird. Der Umformer wird von einem Drehstrommotor von 2350 kW Dauerleistung angetrieben und besitzt ein Schwungrad von 73000 kWh Nutzinhalt bei 75 t Gewicht. Für kleinere Förderanlagen oder Haspel werden häufig Drehstrommotoren mit Widerstandsregelung[28]) angewandt, trotzdem die Fördergeschwindigkeit abhängig von der Last ist.

Landwirtschaftlicher Betrieb. Von Interesse sind die Benutzungsdauer und der Anschlußwert rein landwirtschaftlicher Betriebe, über die bisher Angaben nur selten zu finden waren. Nach F. Hoppe[29]), Tschernoff und Kübler[30]) ist folgende Tabelle mit den in Sonderfällen erforderlichen Abänderungen im Durchschnitt brauchbar.

	Anschlußwert auf 1000 Einwohner		Arbeitsmenge in kWh/1000 Einwohner		Benutzungsdauer in h/Jahr		Einnahme in M/kW	
	Licht	Kraft	Licht	Kraft	Licht	Kraft	Licht	Kraft
			Nach Hoppe					
Städte	36	32	11 000	12 600	355	422	154	63
Industriegebiete	30	50	9 600	32 500	355	645	114	65
Landwirtschaft	28	62	5 500	12 600	280	238	100	34
			Nach Tschernoff					
Elektrizitätswerke	32	30	9 900	12 800	410	425	123	78
Überlandkraftwerke	28	59	7 300	29 900	330	440	136	42

Für amerikanische Verhältnisse gibt J. W. Price[31]) Zahlen für Ostpennsylvanien. Für ein Kraftwerk im Industriegebiet mit 307,35 angeschlossenen kW Kraft und 125 angeschlossenen kW Licht für Landwirtschaft beträgt dort der jährliche Verbrauch 27000 kWh für Kraft und 28000 kWh für Licht. Die monatliche Einnahme beläuft sich im Durchschnitt für den Teilnehmer auf 11 M, während mit Wirtschaftlichkeit erst bei 12 M zu rechnen ist. Ein anderes, rein landwirtschaftliches Kraftwerk erzielt dagegen 24 M monatliche Einnahme bei 40 angeschlossenen Teilnehmern. Empfehlenswert ist die Verwendung mehrerer kleiner Motoren, die nicht gleichzeitig benutzt werden, an Stelle eines einzigen großen Motors. Die Anlagekosten können durch Ortsbeweglichkeit eines Motors mittlerer Größe[32]) gering gehalten werden. Der elektrische Pflug nach dem Ein- und Zweimaschinensystem[33]), der im Gegensatz zum Dampf-

pflug auch bei Flachkulturen wirtschaftlich arbeitet, hat mit Ausdehnung der Überlandkraftwerke weitere Verbreitung gewonnen. Durchschnittlich läßt sich mit Elektrizität, mit der auch steile Hänge, bei denen Dampf und Tier versagen, noch zu bearbeiten sind, um 30% billiger pflügen als mit Dampf. Der Verbrauch stellt sich bei einer durchschnittlichen Furchentiefe von 15, 25 und 35 cm und einer stündlichen Flächenleistung von 0,8, 0,6 und 0,5 ha bei leichtem Boden auf 10, 14 und 20 kWh, bei mittlerem auf 11,5, 16 und 22 kWh und bei schwerem Boden auf 13, 18 und 24 kWh. Durch selbsttätige Ausschaltung bei einer bestimmten Höchstgrenze des Bodenwiderstandes werden Pflug-, Seil- und Maschinenbeschädigungen vermieden. Eine bereits früher (JB 1915, S 113) erwähnte Molkereianlage in Amerika[34]) wird bei einer Bedienung von nur fünf Mann durch elektrischen Antrieb in den Stand gesetzt, 2722 kg Milch stündlich zu verarbeiten. Die Leistung kann in den Sommermonaten auf das Doppelte gesteigert werden.

Sonstige Antriebe. Der elektrische Antrieb auf Linienschiffen[35]) hat in Amerika erfolgreichen Eingang gefunden. Drehstrom-Turbogeneratoren versorgen polumschaltbare Drehstrommotoren, die mit den Schrauben unmittelbar gekuppelt sind. Der Dampfverbrauch stellt sich bei 12 kn auf 7,7, bei 21 kn auf 7,3 gegen einen solchen von 9,8 und 9,4 bei Kolbenmaschinen. Anlagekosten und Gewicht sind erheblich niedriger. Im Kraftwagenbau[36]) ist der Einzelantrieb dadurch von Vorteil, daß die Aufstellung der Bänke unabhängig vom Antrieb wird, wodurch Raum gespart und der Arbeitsweg erleichtert wird. Bemerkenswerte Zahlen gibt D. B. Rushmore[37]) über die auf den mit etwa 90 W anzusetzenden Arbeiter entfallende elektrische Leistung in verschiedenen Betrieben. Nach den Zusammenstellungen des Jahres 1909 stellen Schuhwarenfabriken, Kraftwagen, Kupfer-, Zinn- und Eisengießereien und Druckereien unter 1 kW, Landwirtschaft, Webereien, Spinnereien, elektrotechnische Fabriken, Leder- und Holzaufbereitung 1 bis 2,5 kW, Ziegeleien, chemische Werke, Walzwerke und Erzaufbereitung 2,5 bis 8 kW, Zementwerke, Mühlen, Eiswerke, Papier- und Holzstoffaufbereitung 8 bis 12 kW dem Arbeiter zur Verfügung. Den größten Kraftbedarf weisen Hochofenwerke mit 20 kW für den Arbeiter auf. Die magnetische Kupplung und Bremsung eines zum Antrieb der Mühlen einer Gummifabrik dienenden Synchronmotors von 480 kW beschreibt C. B. Ferguson[38]). Nach dem durch verriegelte Druckknopfsteuerung erfolgten Lösen der Kupplung fällt die Bremse selbsttätig ein und bringt die angeschlossenen Mühlen sofort zum Stillstand, während der Synchronmotor weiterläuft und ohne Stoß wieder eingekuppelt werden kann. Zur Beseitigung von Kesselstein aus Dampfkesseln[39]) und zur Entrostung von Eisenhochbauten[40]) bringt Heinrich Baschy, Hamburg, elektrisch angetriebene Schleuderklopfer auf den Markt. Nach den Angaben von Reg.-Baumeister Hampke, Harburg, wird eine Gleisstopfmaschine[41]) ausgeführt, die durch Luftstöße arbeitet. Zum Betrieb der ventillosen Stopfer dient ein Pulsator, der den wechselnden Luftdruck erzeugt und von einem Motor von 0,55 kW angetrieben wird. In Ermangelung eines elektrischen Anschlusses kommt auf offener Strecke eine besondere Krafterzeugungsanlage mit einer von Benzolmotor angetriebenen Dynamo von etwa 3,5 kW in Anwendung.

[1]) Mitt. BBC Baden (Schweiz) 1916, S 92. — [2]) A. Schmidt, El. Kraftbetr. 1916, S 51. — [3]) Mitt. BEW 1916, S 3. — [4]) P. G. Koch, Gen. El. Rev. 1916, S 156. — [5]) J. Schmidt, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 152, 193, 234, 252. — [6]) Mitt. BEW 1916, S 23. — [7]) R. H. Richards, El. World Bd 67, S 321. — [8]) W. H. Horton, Gen. El. Rev. 1916, S 96. — [9]) El. World Bd 67, S 222. — [10]) Pradel, El. Anz. 1916, S 785, 798. — [11]) Mitt. BEW 1916, S 39. — [12]) R. Goetze, El. Masch.-Bau 1916, S 506. — [13]) W. Philippi, El. Kraftbetr. 1916, S 237, 249. — [14]) El. Kraftbetr. 1916, S 313. — [15]) Mitt. BBC 1916, S 77. — [16]) Helios Exportz. 1916, S 217. — [17]) Müller, Dingl Bd 331, S 391. — [18]) Helios Exportz. 1916, S 1149. — [19]) Mitt. BEW 1916, S 147. — [20]) Mitt. BEW 1916, S 83. — [21]) Helios Exportz. 1916, S 909. — [22]) F. A. Buttrick, Gen. El. Rev. 1916, S 81. — [23]) H. Thieme, Helios Exportz. 1916, S 109, 133, 153. — [24]) Mitt. BEW 1916, S 13. — [25]) Mitt.

BBC Baden (Schweiz) 1916, S 115. — [26]) Helios Exportz. 1916, S 621. — [27]) H. Hermanns, El. Masch.-Bau 1916, S 329, 344. — [28]) Helios Fachz. 1916, S 287. — [29]) F. Hoppe, El. Kraftbetr. 1916, S 66. — [30]) J. Tschernoff und F. Hoppe, W. Kübler, El. Kraftbetr. 1916, S 107. — [31]) J. W. Price, Gen. El. Rev. 1916, S 109. — [32]) C. Loebner, El. Anz. 1916, S 437, 441, 457, 468. — [33]) Helios Exportz. 1916, S 597. — [34]) ETZ 1916, S 388. — [35]) Emmet, Dingl. Bd 331, S 236. — [36]) Mitt. BEW 1916, S 163. — [37]) D. B. Rushmore, Gen. El. Rev. 1916, S 43. — [38]) C. B. Ferguson, El. World Bd 67, S 153. — [39]) Mitt. BEW 1916, S 27. — [40]) Mitt. BEW 1916, S 77. — [41]) ETZ 1916, S 644.

VII. Verschiedene mechanische Anwendungen der Elektrizität.

Metallbearbeitung mittels elektrischer Erwärmung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Elektrisches Heizen und Kochen. Von Dipl.-Ing. A. Steinhardt, Berlin. — Elektrische Zündung. Von Dipl.-Ing. A. Steinhardt, Berlin. — Elektrische Regelung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Elektrische Scheidung. Von Direktor Dipl.-Ing. Jul. Bing, Eisenach.

Metallbearbeitung mittels elektrischer Erwärmung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Lichtbogen- und Widerstandsschweißung. Zu dem im JB 1915, S 117 f. angeführten Vortrag von J. F. Lincoln[1]) findet sich noch die Diskussion, in der besonders die Frage der vorteilhaften Anwendung besonderer Umformer für die Lichtbogenschweißung erörtert wurde.

Daniel Durie[2]) teilt mit, daß bei Verwendung eines Umformers in dem Lichtbogenstromkreis eine hohe Induktivität eingeschaltet sein müsse, um das Abreißen des Lichtbogens zu verhindern; ohne eine solche sei es fast unmöglich, eine gute Schweißung zu erzielen.

Widerstandsschweißung. Auf diesem Gebiete liegen ausschließlich mit Abbildungen versehene Aufsätze vor, die Ausführungen verschiedener Firmen der bekannten Maschinen für Stumpf-, Punkt- und Rollenschweißung bringen. So berichtet H. Thieme[3]) über Maschinen der Firma Oerlikon. In Engineering findet sich eine Beschreibung einer Rollenschweißmaschine der Insulated and Helsby Cables Ltd.[4]), während die Mitt. BEW[5]) eine Abbildung der größten Stumpfschweißmaschine bringen, die je gebaut wurde; sie schweißt bei einem Kraftbedarf von 200 kW Eisen bis 6000 mm². Über das bereits im JB 1915, S 116 erwähnte Schweißverfahren von Scinner & Chubb[6]) mittels des Entladestromes eines Kondensators bringt die ETZ eine ausführliche oszillographische Darstellung des dabei auftretenden Strom-, Spannungs- und Energieverlaufes.

Elektrisch geheizte Härteöfen. Die in der Industrie benutzten Edelstähle verlangen, damit ihre guten Eigenschaften voll zur Geltung kommen, ein sehr genaues Einhalten der Härtetemperatur. Nach A. Stadeler[7]) berichtete Th. Baily vor dem Am. Iron and Steel Inst. über einen derartigen Ofen, der so eingerichtet ist, daß das Material den Ofen nicht eher verlassen kann, bis die richtige Temperatur erreicht ist. Große Gleichmäßigkeit, unabhängig von der Geschicklichkeit des Arbeiters, ist die Folge dieses Verfahrens.

In den Mitt. BEW[8]) ist ein elektrisch geheizter Salzbadeofen zum Härten von Schnelldrehstählen und die dazu gehörige Anlage abgebildet, während R. Boye[9]) im Helios für diese Zwecke den durch Widerstandsstäbe geheizten Muffelofen der Brüder Boye empfiehlt. Diese Stäbe bestehen aus einem Gemisch von Silizium, Kohlenstoff und Siliziumkarbid, können von außen eingesetzt werden und sind für jede Stromart und Spannung zu gebrauchen. Der

Ofen ist im Aufbau einem gewöhnlichen Muffelofen gleich und mit elektrischem Pyrometer, bestehend aus einem Thermoelement mit Voltmeter, sowie mit Reguliereinrichtung versehen. Eine Kontaktvorrichtung mit Alarmglocke warnt vor Überschreitung der zulässigen Temperatur.

[1]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2941 — [2]) Daniel Durie, El. Rlwy. Jl. Bd 46, S 324. — [3]) H. Thieme, Helios Fachz. 1916, S 76. — [4]) Engineering Bd 100, S 561. — [5]) Mitt. BEW 1916, S 25. — [6]) ETZ 1916, S 213. — [7]) A. Stadeler, Stahl u. Eisen 1916, S 1066. — [8]) Mitt. BEW 1916, S 135. — [9]) R. Boye, Helios Fachz. 1916, S 41, 53.

Elektrisches Heizen und Kochen.

Von Dipl.-Ing. A. Steinhardt.

Widerstandsmaterial. Über die Art des für elektrische Heizapparate verwendeten Widerstandsmaterials wird in Abhandlungen nur wenig berichtet[1]); aus den vorliegenden Prospekten einschlägiger Firmen ist aber ersichtlich, daß hierfür meist Nickelchrom in Draht- oder Bandform verwendet wird, dessen Hersteller fast durchweg in Amerika zu finden sind. Dieses Material hat sich seines hohen spezifischen Widerstandes und geringen Temperaturkoeffizienten sowie seiner hohen Wärmebelastungsfähigkeit wegen außer dem nicht erhältlichen oder unerschwinglich teuren Platin als das einzige brauchbare Metall für Heizzwecke erwiesen. Es kommt außerdem auch für Laboratoriumsöfen, in denen Temperaturen bis 1000° C verwendet werden, in Frage[2]). Für diese wird aber bei Temperaturen bis 1500° C Platin (Heräus), bis 2000° C Iridium und Wolfram (im Vakuum), bis 3000° C und darüber hinaus Kohle (Achesongraphit) in Spiralenform verwendet. Es werden verschiedenartige Konstruktionen beschrieben, bei denen das Kohlenrohr in Magnesit eingebettet ist[3]). Über die in England angestellten Versuche mit Kohlen-Widerstandsöfen in Form eines Transformators, mit dessen Hilfe Temperaturen von 2000° C im Innern erreicht werden, während die Außentemperatur gering ist, berichtet J. A. Harker[4]). Großer Wert ist hier, wie überhaupt bei elektrischen Heizapparaten auf gute Wärmeisolierung zu legen.

Die **elektrische Küche** stellt das am meisten verbreitete Anwendungsgebiet dar. Eine elektrische Gasthausküche größeren Stils ist in der Wirtschaft des Bahnhofs „Euston Station“ der London and North Western Railway Co. eingerichtet[5]). Die Kocheinrichtung besteht aus direkt beheizten Kochgefäßen, Bratöfen, Grillern und Wärmeschränken, Kartoffelkochern usw., die zusammen einen Anschlußwert von 130 kW haben und mit deren Hilfe täglich etwa 400 Portionen verabfolgt werden. Über Betriebsergebnisse mit der elektrischen Küche im Haushalt, wie sie in größerem Maßstab in der Schweiz gesammelt wurden, berichtet F. Ringwald[6]). In einer Ortschaft, in der Elektrizität statt Gas eingeführt ist, wird der elektrische Strom während 8 Sommermonate zu 7,5 cts, während der 4 Wintermonate zu 10 cts (ohne Sperrzeit) abgegeben; die in 138 Haushaltungen während eines vollen Jahres gesammelten Betriebsergebnisse sind: bei einem Gesamtanschlußwert von 398 kW war die höchste, gleichzeitig erreichte Beanspruchung des Kraftwerks 130 kW, d. h. letztere schwankte zwischen 19 und 32% des Anschlußwertes. Der durchschnittliche Jahresverbrauch einer Haushaltung hat sich zu 1640 kWh = 1,035 kWh für den Kopf und Tag = 7,75 cts ergeben. Bei einer totalen Nettoeinnahme von 17113 frs hat sich als Durchschnittserlös für das Jahres-kW 43 frs herausgestellt, als Durchschnittseinnahme aus einer Haushaltung 124 frs. Es ergab sich die Notwendigkeit, zur weiteren Einführung des elektrischen Kochens die Hausfrauen zur ökonomischen Verwendung des elektrischen Kochstroms zu erziehen. — Über die Entwicklung der elektrischen Kochapparate in Amerika berichtet W. S. Headaway[7]). Es wird hierbei zwischen hohen und niederen Tempe-

raturen in der Küche unterschieden: Das eigentliche Kochen und Braten einerseits und die Warmwasserbereitung und Raumheizung anderseits. Ersteres ist vorteilhaft mit Hilfe der Elektrizität — bei einigermaßen günstiger Tarifstellung — auszuführen, die anderen Gebiete sollten dem Gas und Dampf bzw. Kohlen vorbehalten bleiben. Herde sehr praktischer und bequemer Art haben sich in Amerika viel mehr als in Europa eingebürgert[8]; hier sind sie noch recht verbesserungsbedürftig, vor allem die Schalter und Zuleitungen[9]. In Deutschland haben die elektrischen Küchen dort bessere Entwicklungsmöglichkeiten[10], wo kein Gas vorhanden ist, da dort nur Kohlenherd und Spirituskocher zu verdrängen sind. Bei geeigneter Tarifbildung können die Einnahmen um 40 bis 100% steigerungsfähig sein, was durch häufige Ausstellungen und Vorträge gefördert werden kann. Sogar während der Kriegszeit war infolge der Kohlen- und Alkoholknappheit eine Steigerung der Stromabgabe von 11 auf 14% möglich. In den meisten Fällen können elektrische Kocheinrichtungen als Ergänzung zum Kohlenherd eingeführt werden und zwar in erster Linie in Form von elektrischen Heißwassererzeugern für warme Getränke, bei welchen sowohl Stromverbrauch wie Anheizzeit sehr günstig sind. Sehr interessante Untersuchungen über den gegenwärtigen Stand der Technik der gebräuchlichsten elektrischen Wärmeapparate wurden vom Schweizer EV angestellt[11]. Die Kochapparate — durchweg schweizer Fabrikat — haben sich im allgemeinen als sehr dauerhaft erwiesen, hielten mehrtausendfache Benutzung und mehrhundertfaches Trockengehen aus, ohne Schaden zu nehmen. Hingegen erwiesen sich die Zubehörteile wie Klemmen, Steckkontakte, Schnüre und Schalter fast durchweg ungenügend und bildeten am häufigsten die Ursache der noch vorkommenden Störungen, Kurzschlüsse, Reparaturen und gelegentlich elektrischer Schläge durch Körperschluß. Die Isolation der Heizkörper wurde auch mit Rücksicht auf Feuchtigkeits- und Hitzewechsel, sowie auf Spannungserhöhung untersucht, ebenso wie die Form und das Material der verwendeten Kochgeschirre. Die Frage, ob Kochgeschirre oder Kochplatten grundsätzlich vorzuziehen sind, wird trotz des an sich günstigeren Wirkungsgrades der ersteren zugunsten der Kochplatten entschieden, da bei diesen die Reinigung und Behandlung bequemer und die Haltbarkeit größer ist. Sparkocher haben sich als wenig praktisch, da im Gebrauch zu kompliziert, erwiesen, ebenso Akkumulatorkochherde, da viel zu schwer, groß und teuer. Für die Messung des Wirkungsgrades von Kochapparaten werden Normalien aufgestellt, die bei Wasser-Wärmapparaten einfach, bei Bratapparaten schwierig, bei Bügeleisen umständlich sind. Auf Grund der mitgeteilten Zahlen läßt sich behaupten, daß bei Kochgeschirren der Wirkungsgrad befriedigend und ohne Beeinträchtigung der Haltbarkeit der Apparate kaum wesentlich zu verbessern ist, bei Kochplatten durch entsprechende Form- und knappere Materialgebung gesteigert werden kann; die Bügeleisen sind sehr solide.

Warmwasserapparate. Die im Handel befindlichen Apparate haben sich wenig bewährt, da die Heizkörper wegen zu starker Beanspruchung und durch Ansetzen von Kalk und Kesselstein in den Wasserröhren leicht schadhaft werden; im Verhältnis zur Wasserlieferung ist auch der Anschlußwert solcher Apparate ein enorm hoher. Warmwasserspeicher finden sich für 40 bis 100 l/Tag in kleiner und für 200 bis 250 l/Tag in mittlerer Ausführung vielfach in Gebrauch; Schäden an Schaltern und Temperaturreglern, z. T. auch an den elektrischen Heizkörpern zählen jedoch auch hier nicht zu Seltenheiten. Eine Übersicht über die verschiedenen in England im Handel befindlichen Warmwasserbereiter, deren Wirkungsgrade und Belastungsfaktoren gibt C. W. Crosbie[12]. H. H. Holmes[13] bespricht die Nachteile der Warmwasserspeicher, ihre schlechte Wärmeausnutzung und hohen Anschaffungskosten und verhältnismäßig geringen Leistungen an Warmwasser. Im Gegensatz hierzu haben sich kleinere Durchflußwasserwärmer für Waschzwecke (mit 5 bis 8 kW Anschlußwert) gut eingeführt, während Badewasserwärmer bis 25 kW Anschluß benötigen; für diese sind die erforderlichen Schalter allein beinahe so teuer wie die elektrischen

Heizapparate selbst. Ferner wird auf Eintauchapparate hingewiesen, deren Anschaffungskosten gering sind, da ein vorhandener Wasserbehälter verwendet werden kann. Die Nachteile dieses Systems bestehen auch hier in den großen Wärmeverlusten durch lange Wasserleitungen. Als bestes System hat sich dasjenige erwiesen, bei dem an jeder Verbrauchsstelle elektrisch beheizte Wasserbereiter von 60 bis 80 l Inhalt aufgestellt werden, die einen selbsttätigen Stromausschalter haben; das Wasser wird hierbei auf 70 bis 80° C erwärmt. Dadurch, daß im allgemeinen die Zeit für Bäder entweder morgens oder abends, jedenfalls aber außerhalb der Spitzenbelastung des Werkes liegt, wird dessen Belastungsausgleich verbessert und die Möglichkeit billiger Tarife für elektrische Warmwasserversorgung gegeben. Eine besondere Schaltung für den Anschluß von Wärmespeichern in Gestalt von elektrisch geheizten Wassergefäßen für Doppeltarifanlagen bespricht O. Hasler[14]). Solche Wärmespeicher sind in der Schweiz bezüglich der Betriebskosten lebensfähig, wenn die Preise von Elektrizität (kWh) zu Gas (m^3) sich wie 1 : 2,5 verhalten. Bei der erwähnten Schaltung wird der Zählwerkumschalter gleichzeitig zur Ein- bzw. Ausschaltung des Heizstromkreises während der Sperrzeit benutzt. In einem Aufsatz über elektrische Warmwasser-Bereitungsanlagen für Raumheizung, die mit der (Kohlen-)Zentralheizung für den Winterbetrieb kombiniert sind, weist O. Hasler[15]) auf die richtige Anordnung der Wasserleitungen und gute Isolierung hin. Der geringe Wirkungsgrad solcher Ergänzungs-Heizanlagen gegenüber Kohlenheizung ist mit Rücksicht auf Bedienung und Kohlenbeschaffung bedeutungslos.

Raumheizung. Über die Heizung von Räumen geben H. Thieme[16]) und W. Schulz[17]) eine Übersicht. Es werden die vielen Vorteile der elektrischen Heizung anderen Beheizungsarten gegenüber und verschiedene neuere Konstruktionen geschildert und folgende Durchschnittswerte für Räume mit normalen Abkühlungsverhältnissen angegeben: Für Temperatursteigerung von 30° C im Frühjahr und Herbst 20 bis 30 W/m^3 zum Anheizen und 15 bis 25 W/m^3 zum Weiterheizen; im Winter 30 bis 50 W/m^3 bzw. 20 bis 24 W/m^3. Als wichtig wird die Erdung von Öfen in Anlagen von mehr als 150 V durch blanken verzinnten Kupferdraht von 6 mm Stärke bezeichnet.

Wilkinson[17a]) will eine regelbare elektrische Heizung für die Frühjahrs- und Herbstmonate einrichten, in denen man die Heizung nur für einige Morgen- und Abendstunden braucht. Sein Thermostat ist ein vergrößertes Quecksilber-Kontaktthermometer mit Einstellvorrichtung. Steigt die äußere Temperatur über den gewünschten Punkt, so wird der Kontakt geschlossen und eine Drahtspule in dem Stromunterbrecher und -schließer für den Heizstrom unter Strom gesetzt; die Spule erwärmt die Luft einer abgeschlossenen Kammer, und der hier erzeugte Druck wirkt auf eine Quecksilbermasse, die dem Druck nachgebend den Heizstrom öffnet. Man konnte so 30 A bei 200 V unterbrechen. Die Quecksilberoberfläche befindet sich in Wasserstoffgas.

O. Hasler[18]) beschreibt einen Ofen, der neben einem mäßigen Wärmespeicherungsvermögen eine rasche Heizwirkung ermöglicht. Im übrigen spielen bei der Zimmerheizung die Luftverteilung und Luftfeuchtigkeit eine große Rolle[19]): größere Luftfeuchtigkeit ersetzt mehrere Wärmegrade. Der Preis für elektrischen Heizstrom muß sich nach der tatsächlichen Zentralenbelastung unter Berücksichtigung der Spitzenbelastung richten; wenn die elektrischen Heizanlagen hiernach berechnet und entworfen werden, so ist in ihnen ein sehr wünschenswertes Absatzgebiet der Zentralen zu erblicken[20]). Auf Schiffen hat sich die elektrische Raumheizung als wenig teurer erwiesen, während die Installation viel billiger und bequemer als bei Dampfanlagen ist. Es kommen hier in erster Linie Luftströmungsheizkörper in Frage, im Gegensatz zu Wärmeleitungs- und Strahlungsheizkörpern[21]). Auch bei Ventilationsheizung als Zusatz zur Dampfheizung kommt Elektrizität in Betracht.

Anlagen für technische Zwecke. Die meisten im Lauf des letzten Jahres erschienenen Berichte beziehen sich auf industrielle Anlagen. So hat sich für dieses Spezialgebiet in Amerika sogar eine besondere Gesellschaft gebildet:

Industrial Electric Heating Association[22]). Es werden elektrisch beheizte Trockenöfen für Lackierereien für Automobile, Schreib- und Rechenmaschinen, Elektrizitäts- und Gasmesser, Gasöfen usw. beschrieben. In Detroit kann für derartige Zwecke an Lackieröfen eine Leistung untergebracht werden, die der Tagesbelastung ungefähr gleichkommt und außerhalb der Spitzenbelastung liegt, wobei für einen Ofen 75 bis 250 kW Anschluß in Frage kommen. Gerade bei derartigen Öfen spielt vor allem die Vermeidung jeder Brand- oder Explosionsgefahr eine große Rolle, die Trockenzeit ist kürzer, es ergibt sich bei der Fabrikation ein geringerer Ausschuß und ein besseres Aussehen des Trockengutes, da chemische Veränderungen ausgeschlossen sind. Auch Schmelztiegel für Linotype-Gießmaschinen lassen sich sehr vorteilhaft mit elektrischer Heizung ausrüsten[23]). In der Schuhindustrie findet die elektrische Heizung[24]) zum Pressen und Bügeln von Oberleder, für Saumnähte aus Leder und Gummi, für das Aufweichen und Glätten der Stiefelkappen, zum Erhitzen von Messern und Werkzeugen, Knopfpressen und Kappenverzierungsstanzen, für das Wachsen von Fäden u. a. m. Verwendung. Hierbei können ungeübte Arbeiter verwendet werden, die ihre Aufmerksamkeit ausschließlich auf ihr Arbeitsstück richten, ohne auf die Wärmeregelung stets besonders achten zu müssen. Für Emaillierzwecke, in der Seidenfabrikation[25]), zur Beheizung einer Kettenlötmaschine, zur Erzeugung von Silberniederschlägen auf Glas finden sich in Amerika zahlreiche elektrische Heizanlagen. Eine neuartige Koch- und Reinigungsanlage der Maschinenfabrik Oerlikon für Transformator- und Schalteröle beschreibt H. Thieme[26]). Hierin wird das Öl während 8 h auf 115° C, bei Apparaten über 30000 V bis zu 48 h erhitzt. Während bisher das Auskochen eines Transformators mit Hilfe eines auf dessen Boden angebrachten Heizwiderstandes erfolgte, wird hier das Öl durch Pumpen aus dem Transformator (bzw. Ölschalter) in den Ölreiniger und elektrischen -Kocher und aus diesem in das inzwischen gereinigte Transformatorgehäuse gedrückt. Über Neuerungen im Bau elektrischer Härteöfen berichtet R. Boye[27]). Schnellarbeitsstähle, die eigentlich Legierungen von Stahl mit verschiedenen Metallen sind, erfordern höhere Härtetemperaturen bis 1250° C gegenüber 800 bis 900° C bei Kohlenstoffstählen; die Ofenwärme muß bei diesen Öfen in sehr engen Grenzen eingestellt werden können. Außer elektrischen Salzbadöfen (Chlorbarium) kommen Öfen mit Kohlenplatten und neuerdings mit Stäben aus Silizium, Siliziumkarbid und Kohlenstoff vor; besonderer Wert ist auf gute Isolierung und gute Kühlung der Stromzuführungen zu legen. Als Reserveheizung für Dampfkesselbetrieb findet die Elektrizität im Dampfkraftwerk Letten des Elektrizitätswerks Zürich vorteilhaft Anwendung[28]). Die hier aufgestellten Gußeisenwiderstände können in die Feuerbuchse des Kessels ein- und ausgefahren werden. 84 bis 86 kW genügen, um Kessel von 270 m² Heizfläche unter Dampf zu halten; 1 kg Dampf erfordert 1,31 kWh. Eine interessante Anwendung fand die Elektrizität in Amerika[29]) bei der Ausbesserung einer Eisenbahnbrücke mit starkem Verkehr, indem sie zum rascheren Trocknen von Zement bei Gefriertemperatur herangezogen wurde.

[1]) Bull. Schweiz. EV 1916, S 213. — [2]) K. Arndt, ETZ 1916, S 119. — [3]) E. Jänicke, Z. Elchemie 1916, S 439. — [4]) J. A. Harker, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 14. — [5]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 498. — [6]) F. Ringwald, Bull. Schweiz. EV 1916, S 184. — [7]) W. S. Headaway, El. World Bd 67, S 29. — [8]) El. World Bd 67, S 278. — [9]) ETZ 1916, S 445. — [10]) J. Nicolaisen, Mitt. Ver. EW, 1916, S 297. — [11]) Wyßling, Bull. Schweiz. EV 1916, S 213. — [12]) C. W. Crosbie, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 762. — [13]) H. H. Holmes, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 401. — [14]) O. Hasler, ETZ 1916, S 335. — [15]) O. Hasler, Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 187. — [16]) H. Thieme, Z. Beleucht. 1916, S 5. — Helios Exportz. 1916, S 169, 219. — [17]) W. Schulz, El. Anz. 1916, S 621, 639. — [17a]) G. Wilkinson, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 421. — Engineering Bd. 100, S. 652, — [18]) O. Hasler, Bull. Schweiz. EV 1916, S 186. — [19]) El. World Bd 67, S 29. — [20]) El. World Bd 67, S 554. — [21]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 861. — ETZ 1916, S 184. — [22]) Industrial El. Heating Assoc., El. World Bd 66, S 1278. — El. Kraft-

betr. 1916, S 177. — [23]) El. World Bd 67, S 29. — [24]) El. World Bd 67, S 278. — [25]) El. World Bd 67, S 831. — [26]) H. Thieme, Helios Fachz. 1916, S 9. — ETZ 1916, S 716. — Schweiz. Bauztg. Bd 67, S 182. — [27]) R. Boye, Helios Fachz. 1916, S 41, 53. — [28]) El. Masch.-Bau 1916, S 255. — ETZ 1916, S 716. — Schweiz. Bauztg. Bd 67, S 182. — [29]) El. World Bd 67, S 152.

Elektrische Zündung.

Von Dipl.-Ing. A. Steinhardt.

Über elektrische Zündung findet sich in der Zeitschriftenliteratur des Jahres 1916 nur sehr wenig. Hauptsächlich ist wohl der Krieg und nicht die Untätigkeit der Industrie nach dieser Richtung die Ursache hiervon. Alles, was mit Zündung zusammenhängt — sei es bei Minen, im Bergbau oder für Explosionsmotoren — dient in erster Linie der Kriegführung und ist so dazu verurteilt, vorläufig unbeschrieben zu bleiben.

Untersuchungen über den elektrischen Zündfunken. In einem der wenigen wichtigen und ausführlichen Berichte behandelt J. D. Morgan[1]) das Wesen des elektrischen Zündfunkens in explosiven Gasgemischen. So werden in erster Linie die Gasgemische selbst untersucht und zwei voneinander verschiedene Punkte festgelegt: 1. die Energie, die nötig ist, um überhaupt einen Funken hervorzubringen, und 2. die Eigenschaften des Funkens, der imstande ist, das Gemisch zu entzünden. Die Größe des Funkens an sich ist kein Maßstab für die Zündfähigkeit des Gases. Bei Wechselstrom ist unter sonst gleichen Verhältnissen eine größere Energie aufzuwenden zur Erzeugung eines Funkens als bei Gleichstrom. Es werden Versuche von Thornton und J. R. Thompson über die Zündfähigkeit von Funken besprochen und der ionische Ursprung der Zündung gekennzeichnet. Wheeler hat die Zusammensetzung des Gases auf seine Zündbarkeit hin geprüft und festgestellt, daß ein Gemisch, welches weniger als 5,6% oder mehr als 14,8% Methan enthält, nicht mehr zündfähig ist. Bei geringeren Spannungen kann Zündung durch öftere Wiederholung des Zündfunkens erreicht werden, während ein einzelner Funke nicht zündet. Zwischen zwei hintereinander entstehenden Funken kann die auftretende Ionisation verschwinden oder neutralisiert werden; wenn die Neutralisation vorherrscht, kann kein neuer Funke entstehen. — Untersuchungen über die Zündfähigkeit von Funken, die in den Licht- oder Kraftleitungen von Bergwerkgruben entstehen, liegen in reichem Maße vor; aber die Funken, die an offenliegenden Drähten von Läutewerken auftreten, bedürfen einer genaueren eingehenderen Beachtung. Die hierdurch ermöglichte Gefahr — es handelt sich um Spannungen bis zu 25 V — wird zwar sehr vermindert durch den Einschluß der Funkenerzeuger in ein Gehäuse, aber Versuche haben gezeigt, daß auch die offenen Funken beim Außerbetriebsetzen des Läutewerks zu Zündgefahren Ursache geben können, ebenso wie die eigentlichen Unterbrechungsfunken beim Wagnerschen Hammer. Es wird ein System geschildert, bei dem der Federhammer den Magnetstrom nicht unterbricht, sondern kurzschließt (Nebenschluß). Durch Verwendung eines Relais kann auch der Ausschaltfunke des Läutewerks auf eine ungefährliche Größe herabgemindert werden.

H. Armagnat[2]) gibt eine interessante geschichtliche Übersicht über die Entwicklung der Magnetzündung, besonders mit Rücksicht auf die Verhältnisse in Frankreich und bespricht die Vor- und Nachteile der verschiedenen Magnetsysteme, behandelt auch außerdem die Theorie des Magnetapparates an Hand von Schaulinien.

Zündung für Verbrennungsmotoren. Es liegen einige Berichte über neuere Vorrichtungen und deren konstruktive Einzelheiten vor[3]). Über das elektrische Anlassen von Automobil- und Luftschiffmotoren berichtet Jos. Löwy[4]) in sehr ausführlicher Weise. Da die magnetelektrische Zündmaschine eine gewisse Antriebsgeschwindigkeit haben muß, bevor an ihren Klemmen die nötige Span-

nung herrscht, gibt eine Firma dem Induktoranker durch Zwischenschaltung einer Kuppelung eine weit größere Umdrehungszahl, als sie der Ankurbeldrehzahl entsprechen würde. Zum selbsttätigen Anlassen des Motors muß nicht nur der Motor mit zündfähigem Gemisch gefüllt sein, sondern die Zündeinrichtung muß auch bei stillstehendem Motor zündfähige Funken geben. Akkumulatoren werden als Betriebs-Zündstromquelle nur sehr vereinzelt als Reservezündung oder als Anlaßzündung mit Induktorium oder Summerapparat verwendet. Die Boschsche Anlaßzündung verwendet Akkumulatoren mit Transformator, der durch einen Summer (Neefschen Hammer) eingeschaltet und nach vollendetem Anlauf abgeschaltet wird. Die Eisemannsche Anlaßvorrichtung arbeitet ohne Summer nur mit Batterie und einem von Hand betriebenen, durch ein Zahnrad wirkenden Unterbrecher. Eine andere Vorrichtung der Firma Bosch ohne Summer und ohne Batterie besteht in der Betätigung eines besonderen Anlaßinduktors durch eine Handkurbel vom Führersitz aus. Eine andere Vorrichtung, die besonders bei Luftschiffmotoren Anwendung findet, wirkt dadurch, daß man durch langsames Drehen der Andrehkurbel die Zylinder mit Frischgas füllt; mittels Kette und Kettenrad und einer Freilaufvorrichtung ist ein besonderer Anlaßinduktor gekuppelt, der die Zündung beim Anlassen des Motors erzeugt.

Bei einer zweiten Gruppe von elektrischen Anlaßvorrichtungen wird die elektrische Beleuchtungsanlage mitbenutzt, die gewöhnlich aus einem vom Explosionsmotor angetriebenen Generator und einer von diesem gespeisten Batterie besteht. In Amerika wird zum Anlassen der Generator von der Batterie gespeist und als Motor betrieben; dieses System ist jedoch hinsichtlich der vielen Kuppelungen und Schalter recht kompliziert. Bei anderen Systemen ist im Wagen ein besonderer Anlaßmotor eingebaut, bei dem die Übertragung beim Anlassen auf den Explosionsmotor entweder durch eine Rollenkette (Bosch) erfolgt oder durch ein auf der Welle des Elektromotors sitzendes Zahnrad, das in eine Außen- oder Innenverzahnung des Schwungrades des Explosionsmotors eingreift (Rushmore u. a.).

Elektrische Zündung für Waffen. Eine allgemeine Übersicht über die im Kriege verwendeten Waffen mit elektrischer Zündung gibt H. Roentsch[5]). Die elektrische Zündung kommt bei Land- und Seeminen und bei Minengranaten zur Anwendung, bei ersteren meist durch elektrische Funken von Magnetentladungen. Von den Seeminen arbeiten nur die Beobachtungsminen mit elektrischen Kontakten, während die Kontaktminen meist auf mechanisch-chemischem Weg entzündet werden. Die von einem Norweger erfundenen Minengranaten werden in den Erdboden eingegraben, nach erfolgter Zündung aus diesem herausgedrückt und in etwa Manneshöhe zur Explosion gebracht.

[1]) J. D. Morgan, El. World Bd 76, S 274. — Electr. (Ldn.) Bd 76, S 536. — Engineering Bd 102, S 427; Gulette, Tismer, Versuchsergebnisse, S 479, 567. — [2]) H. Armagnat, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 865, 899. — [3]) El. Anz. 1916, S 851. — [4]) J. Löwy, El. Masch.-Bau 1916, S 271. — [5]) H. Roentsch, El. Anz. 1916, S 3.

Elektrische Regelung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Werkzeugmaschinenantrieb. O. Pollok[1]) beschreibt mehrere Neuerungen auf diesem Gebiete. Durch Einführung der Druckknopfsteuerung zum Anlassen, Regulieren, Bremsen und Umkehren der Antriebsmotoren von großen Drehbänken und anderen Werkzeugmaschinen wird viel Zeit erspart, da die Druckknöpfe in beliebiger Zahl an den verschiedensten Stellen angebracht werden können, so daß der Dreher, ohne seinen Standort zu verlassen, den Motor dem jeweiligen Arbeitsvorgang entsprechend steuern kann. Des weiteren bringt der Verfasser Walzenschalter mit großem Regulierbereich für schwere

Maschinen; ferner eine eigenartige Schaltung zwischen Vorschubmotor und Hauptmotor, die nicht nur die Umdrehungszahl des Vorschubmotors von der Belastung des Hauptmotors abhängig macht, sondern sie bei Überlastung sogar umkehrt. Diese Einrichtung ist sehr wichtig für Bohrbänke, Kreissägen u. dgl. Dann folgen Schaltungen für Bremsschützen mit Nullstrom- und Überstromauslösung und die Anordnung eines Vorschubmotors mit schrittweiser Fortschaltung bei Hubwechsel von Hobelmaschinen. Zahlreiche Abbildungen ausgeführter Anlagen mit Schaltbildern ergänzen den Aufsatz.

Fernsteuerung und Fernschaltung. Wintermeyer[2]) gibt einen Überblick über die Entwicklung der Fernsteuerungen von Elektrohängebahnen. Diese teilt er in drei Gruppen ein, in Steuerungen mit elektromagnetischem Sperrgetriebe für die auf der Katze befindliche Schaltwalze, in Steuerungen mit Schützen auf der Katze und in solche mit ortsfesten Schaltern. Es werden Steuerungen von Benoit, Bleichert, Luther, Schenk, AEG und SSW beschrieben.

T. Suchanek[3]) schildert die Vorteile der Fernschaltung von Straßenbeleuchtung sowohl für Einzel- als auch Gruppenschaltungen. Die von ihm beschriebene Einrichtung besteht im wesentlichen aus einem durch eine Hilfsleitung betätigten Quecksilberschalter, der entweder direkt oder mit Hilfe einer Schütze den Strom schließt.

Rohrpostanlagen. F. Wille[4]) beschreibt selbsttätige Einrichtungen, die verhindern, daß bei Druckluftanlagen, bei welchen der Motor beim Einlegen der Büchse selbsttätig ein- und beim Verlassen des Rohrstranges wieder ausgeschaltet wird, eine kurz hinter der ersten aufgegebene weitere Büchse im Rohre stecken bleibt. Die erste derartige Anlage von G. Valley arbeitet mit einem mit Luftdämpfung versehenen Schaltmagnet; ebenso die der Firma Hardegen, während Mix & Genest durch Kugeln für jede Büchse die Arbeitszeit des Motors bestimmen. The International Tube Co. machen dagegen die Arbeitszeit des Motors von einer bestimmten Umdrehungszahl nach Aufgabe jeder neuen Büchse abhängig; ferner hat die A.-G. Mix & Genest eine elektrische Schaltvorrichtung geschaffen, auf die jede Büchse eine summierende Wirkung ausübt und erst abstellt, wenn sämtliche Büchsen ausgeworfen sind.

Derselbe Verfasser[5]) gibt einen Überblick über Neuerungen, die einen sparsamen Kraftverbrauch durch Aufrechterhalten eines gleichmäßigen Luftdruckes bewirken. Eine Ersparnis kann nicht erzielt werden, wenn Rohrstränge, die nicht benutzt werden, nur durch Klappen abgeschlossen werden, es muß vielmehr gleichzeitig auch die Umdrehungszahl des Motors verringert werden, um gleichen Druck zu erzielen. Cl. Batcheller bewirkt dies durch Vorschalten von Widerständen mit Hilfe eines durch eine Membrane gesteuerten Ventils. Mix & Genest verbinden jede Absperrklappe mit einem Kontakt, der einen Teil des Feldwiderstandes des Motors kurzschließt. Um eine sehr genaue Regelung zu erzielen, verwenden Mix & Genest ein Manometer, das nicht auf den absoluten Druck, sondern auf die Differenz anspricht.

Wasserstandsanzeiger und -regler für Dampfkesselanlagen beschreibt J. Schmidt[6]), darunter den Regler von Reubold, gebaut von der Hannomag, und den auf Schmelzen eines leichtflüssigen Metalls beruhenden Warnungsapparat von Schwartzkopff. Letzterer wird auch von der mit dem Druck ansteigenden Temperatur betätigt.

Gasdruckregler und **Fernschreiber,** welche elektrisch betätigt werden und in Gaswerken gebräuchlich sind, beschreibt derselbe Verfasser[7]).

Eine **Sicherheitsbremse**[8]) der SSW stellt den Motorstrom ab oder verhindert das Wiedereinschalten, wenn die Bremsbacken zu weit abgenutzt sind.

Die **Schnellregelung**[9]) schwerer Regeleinrichtungen, z. B. von Induktionsreglern von BBC mit einem Hilfsölmotor ist nochmals ausführlich in der ETZ beschrieben (s. JB 1915, S 122).

Von anderen Neuerungen seien noch kurz erwähnt eine **elektrische Fernauslösung für Kameras**[10]), ein **Piano mit elektrischer Kontakteinrichtung,** um den Ton der angeschlagenen Saiten zu verlängern, von Maitre und Martin[11]),

sowie ein **elektromagnetischer Zeichentisch** der AEG[12]), der einarmigen Kriegsbeschädigten durch Fußkontakt ermöglicht, die eisernen Winkel in beliebiger Lage festzuhalten.

Aus der Patentliteratur ist anzuführen ein **elektrisches Getriebe** von K. Meyer[13]), um die hohen Umdrehungszahlen von Dampfturbinen regelbar auf eine andere Welle zu übertragen (Schiffsschrauben), bestehend aus einem Rotor, einem drehbar gelagerten Stator, Frequenzwandler und Drehstromgenerator, und ferner eine Einrichtung der SSW[14]) zur **Regelung** von Maschinen **durch eine Hilfsmaschine,** bei der Drehzahl und Drehrichtung von der durch die Hilfsmaschine betätigten Steuerung abhängt.

[1]) O. Pollok, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 357, 389, 429. — [2]) Wintermeyer, ETZ 1916, S 73, 90. — [3]) F. Suchanek, ETZ 1916, S 620. — [4]) F. Wille, Helios Fachz. 1916, S 121, 130. — [5]) F. Wille, Helios Exportz. 1916, S 933, 957. — [6]) J. Schmidt, El. Anz. 1916, S 149, 159, 193, 215, 225. — [7]) J. Schmidt, El. Anz. 1916, S 688, 693, 703. — [8]) Chr. Ritz, Stahl u. Eisen 1916, S 563. — [9]) ETZ 1916, S 134. — [10]) A. Hnatek, Z. Instrk. 1915, S 302. — [11]) Maitre und Martin, Engineering Bd 102, S 210. — [12]) ETZ 1916, S 627. — [13]) Helios Fachz. 1916, S 13. — [14]) Helios Exportz. 1916, S 366.

Elektrische Scheidung.

Von Direktor Dipl.-Ing. Jul. Bing.

Elektromagnetische Scheidung. Neukonstruktionen von Maschinen, ebenso auch neue Verfahren zur magnetischen Scheidung starkmagnetischer Materialien sind im Berichtsjahr nicht bekannt geworden.

Infolge der durch den Krieg bedingten teilweisen Absperrung Deutschlands von der Erzzufuhr hat man im weiten Maße die Aufbereitung ärmerer deutscher Erze mit großem Erfolg in die Wege geleitet unter Verwendung der bekannten elektromagnetischen Scheideapparate für schwachmagnetische Materialien.

An Neuerungen wäre zu nennen eine nach dem Aushebeverfahren arbeitende Trommelscheider-Anordnung des Grusonwerks in Magdeburg[1]).

Eine gute Zusammenstellung und Beschreibung der heute meist verwendeten Erzscheider unter besonderer Berücksichtigung der Konstruktionen der Maschinenbauanstalt Humboldt, Köln-Kalk, gibt E. F. Ruß[2]).

Elektrostatische Scheidung. Das Cottrellsche Verfahren zur elektrostatischen Füllung der festen Bestandteile aus den Rauchgasen usw. wurde in Amerika weiter durchgebildet. Nähere Einzelheiten hierüber fehlen jedoch im abgelaufenen Berichtsjahr.

[1]) Friedr. Krupp A., G.DRP Kl 1b, Nr. 292194. — [2]) E. F. Ruß, Helios Exportz. 1916, S 1, 161, 169, 177, 185.

B. Elektrochemie.

VIII. Elemente und Akkumulatoren.

Elemente. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg. — Akkumulatoren und deren Verwendung. Von Dr. Ludwig Strasser, Berlin.

Elemente.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Nasse Elemente. Eine neue gut durchgebildete Form des Leclanché-Elementes wird von der Edison Swan Electric Co.[1]) auf den Markt gebracht. Porzellanringe sichern die Stellung der Beutelelektrode und des sie umgebenden Zinkzylinders. Auf den unteren Porzellaneinsatz ist eine Schicht Salmiakkristalle geschüttet. Um das Element gebrauchsfertig zu machen, lüftet man einen im Deckel sitzenden Korkstopfen und füllt Wasser ein.

Für Elemente mit Quecksilberoxyd als Depolarisator haben sich Hellesens Enke und V. Ludwigsen[2]) die Anwendung von konzentrierter Kalilauge mit mehr als 6 g-Molekülen Kaliumhydroxyd im Liter als Elektrolyt schützen lassen; nach ihrer Angabe wird hierdurch das Element viel leistungsfähiger, als wenn man verdünnte Kalilauge oder Natronlauge verwendet.

Neben dem Mangansuperoxyd will Paul Eydam[3]) Wasserstoffsuperoxyd als Depolarisator verwenden, eine Neuerung, welche unzweckmäßig sein dürfte, weil das an sich schon unbeständige Wasserstoffsuperoxyd bei Gegenwart von Manganverbindungen rasch zerfällt.

Taschenlampenbatterien. K. Arndt[4]) stellte fest, daß bei einer von ihm eingehend untersuchten erstklassigen Batteriesorte, die bei Entladungen mit einer stetigen Stromstärke von 0,2 A bis auf 1,5 V hinab im ganzen rund 1 Ah lieferte, vom Zink und Braunstein etwa um die Hälfte mehr verbraucht wurde, als sich nach dem Faradayschen Gesetze berechnete. Der Grund hierfür sind chemische Nebenvorgänge, durch welche auch beim Lagern die Batterien allmählich an Leistungsfähigkeit verlieren. Der elektrische Widerstand frischer Batterien beträgt anfangs 0,6 bis 1 Ω, nach der Entladung mehr als 2 Ω. Weil die Leitfähigkeit wesentlich durch den Graphit bedingt ist, welchen man dem an sich sehr schlecht leitenden Braunstein zumischt, hat K. Arndt eine größere Anzahl von natürlichen und von künstlichen, im elektrischen Ofen hergestellten Graphiten auf ihren elektrischen Widerstand untersucht, und zwar unter hohem Druck von 125 atm, um die Störungen durch schwankende Übergangswiderstände zu beseitigen; in einer Tabelle gibt er eine Auswahl der von ihm gefundenen Werte.

Zum Pressen der „Puppe", wie man den um einen Kohlestab gepreßten Graphit-Braunsteinzylinder nennt, hat sich Ferdinand Fabian[5]) eine Maschine schützen lassen, welche die Mischung in zwei Stufen um den Stab preßt. Der Stempel drückt bei seinem ersten Gange die durch eine Füllscheibe eingeführte Vorfüllung und bei seinem zweiten Gange die Nachfüllung zusammen. Dadurch wird die Masse der Puppe viel gleichförmiger, als wenn man in einem einzigen Gange preßt. Auch Artur Steuding[6]) preßt die Puppe mit seiner Maschine

schichtenweise, indem er nacheinander Stopfer von abnehmender Länge niedergehen läßt, während die Masse jeweils durch kastenartige Schieber eingetragen wird.

Statt die Puppe von Hand mit Stoff zu umwickeln und einzubinden, umspinnt Oskar Köhler[7]) sie auf einer besonderen Maschine kreuzweise mit einem klebrig gemachten Faden; zum Schutze des Bodens wird ein Gazescheibchen mit eingespult. Nachdem eine bestimmte Fadenlänge gewickelt ist, schaltet sich die Maschine selbsttätig aus.

Um das Löten des Zinkbechers zu ersparen, kleidet Georg Stolle[8]) ein Gefäß aus beliebigem Stoff nach dem Spritzverfahren mit einer Zinkschicht aus.

Um die kleine Metallkappe, welche auf den Kohlestab gedrückt wird, zu formen, benutzen S & H[3]) den Stab selber als Preßstempel; dadurch wird der Vorteil erzielt, daß sich die Kappe sehr innig um den Kopf des Stabes schmiegt.

Der aus der Vergußmasse emporstehende kurze Blechstreifen, welcher vom Kohlepol kommt, verwundet leicht die Hand der Arbeiterin. Drum biegt ihn die Engus-Gesellschaft m. b. H.[10]) um, nachdem, um Kurzschluß mit dem langen, vom Zinkpol kommenden Streifen zu vermeiden, ein mit Schlitz versehenes Pappscheibchen übergeschoben ist.

[1]) Edison Swan Electric Co., El. Engineering 1916, S 362. — [2]) Hellesens Enke u. V. Ludwigsen, DRP 290748. — [3]) Paul Eydam, DRP 291166. — [4]) K. Arndt, Chemikerztg. 1916, S 1017. — [5]) Ferdinand Fabian, DRP 291275. — [6]) Artur Steuding, DRP 295324. — [7]) Oskar Köhler, DRP 291054. — [8]) Georg Stolle, DRP 290870. — [9]) S & H, DRP 295804. — [10]) Engus-Ges. m. b. H., DRP 290481.

Akkumulatoren und ihre Verwendung.

Von Dr. Ludwig Strasser.

Neue Zellen. Von neuen Konstruktionen sind im Berichtsjahr folgende bekannt geworden:

Selmar Hesse[1]) glaubt, den Taschenlampen-Akkumulator, dessen Gefäß aus dünnem, mit den Kathoden leitend verbundenem Bleiblech besteht, dadurch zu verbessern, daß an den Schmalseiten des Gefäßes isolierende Leisten eingebaut werden, welche zur Aufnahme der positiven Platte und zugleich zur Versteifung des dünnen Gefäßmantels dienen.

Morrison[2]) verwendet als Bindemittel des Bleisuperoxyds in der positiven Platte eine Sauerstoffschwefelverbindung von Blei mit Tantal, Niob oder Wolfram, welche durch die innerhalb des Sammlers auftretenden chemischen oder elektrolytischen Vorgänge nicht angegriffen werden soll.

Die Svenska Ackumulator Aktiebolaget Jungner[3]) will die Leitungsfähigkeit der Elektroden des alkalischen Akkumulators verbessern. Diese Elektroden bestehen bekanntlich aus taschenförmig gebogenen, dünnen, gelochten, die aktive Masse umschließenden Blechen. Erfindungsgemäß sollen nun die Elektroden aus zwei Lagen solcher Taschen gebildet und zwischen beiden Lagen entsprechend geformte Blechstreifen angeordnet werden.

Der Sammler von Fetscher[4]) besteht aus verschiedenen Manganoxyden als wirksamer Masse und alkalischer Kaliumnitratlösung als Elektrolyt.

Die Stachlampengesellschaft[5]) benutzt als Entgasungseinrichtung für alkalische Sammler ein in dem Verschlußpfropfen verschiebbares oder schwenkbares Rohr.

Willard[6]) stellt poröse Scheider für Sammler her, indem er mit Gummi bekleidete Webstoffe aufeinanderschichtet, preßt und vulkanisiert, und den so erhaltenen Block senkrecht zu den Stofflagen in Scheiben schneidet.

Bücher. Neue Bücher über Akkumulatoren sind im Berichtsjahr nicht erschienen. Dagegen sei nachträglich auf die 1915 herausgekommene 2. Auflage von

Foersters[7]) Elektrochemie wässeriger Lösungen hingewiesen, in welcher der Abschnitt über Akkumulatoren 30 Seiten einnimmt. Er enthält im wesentlichen die Theorie und die technische Herstellung des Bleisammlers, sowie des Eisennickelsuperoxyd-Sammlers. Die theoretischen Ausführungen berücksichtigen die letzten Veröffentlichungen und sind klar und leicht faßlich dargestellt; auch der technische Teil zeigt den neuesten Stand dieser Industrie und gibt trotz seiner Kürze einen guten Überblick.

Theorie. Allgemeines. Féry[8]) stellt auf Grund von Versuchen, die er mit Fournier ausgeführt, eine neue Theorie des Bleisammlers auf, die er in den Sätzen zusammenfaßt: 1. Die geladene Anode eines Bleisammlers ist mit einem Oxyd von einer höheren Oxydationsstufe als PbO_2 bedeckt, es hat die Zusammensetzung Pb_3O_7. 2. Am Ende der Entladung besteht die Anode aus PbO_2. 3. Nur die Kathode wird während der Entladung sulfatiert. 4. Der Vorgang der Entladung ist durch folgende Formel auszudrücken:

$$Pb_3O_7 + H_2SO_4 + Pb = 3\,PbO_2 + H_2O + PbSO_4.$$

Féry bekämpft somit die allgemein anerkannte Theorie von Gladstone und Tribe, wonach die geladene Anode aus PbO_2 besteht und bei der Entladung Anode und Kathode in $PbSO_4$ übergehen. Strasser[9]) bespricht das Gewicht der verschiedenen Akkumulatoren und vergleicht es mit dem anderer Kraftspeicher und Kraftquellen. Legt man bei fünfstündiger Entladung die Leistung von 1 kWh zugrunde, so wiegt der ortsfeste Bleisammler 130 kg, der transportable 100 bis 32 kg. Auf Kosten der Lebensdauer könnte vielleicht das Gewicht des letzteren auf 20 kg vermindert werden. Der Edisonakkumulator wiegt 33 bis 28 kg, und es ist theoretisch nicht ausgeschlossen, sein Gewicht bis etwa 14 kg herunterzubringen. Der Wasserakkumulator (in Form eines Staubeckens oder Wasserturmes) ist mindestens 300mal so schwer als der ortsfeste Bleisammler, dagegen ist Preßluft bei 100 bis 200 Atm einschließlich der Behälter, sowie Dampfkraft (Kohle, Wasser, Dampfkessel und Feuerungsanlage) leichter als die bisherigen Sammler, Preßluft wiegt 6 bis 10 kg, Dampfkraft etwa 20 kg. Am leichtesten dürfte wohl Benzin einschließlich Behälter mit etwa 0,5 kg sein.

Ladung und Entladung. Zur Erkennung des Ladezustandes einer Batterie werden von den Isaria-Zählerwerken A.-G.[10]) Zähler vorgeschlagen, die bei Entladung vorwärts, bei Ladung rückwärts laufen, und bei denen der Wirkungsgrad des Akkumulators dadurch berücksichtigt wird, daß dem im Nebenschluß liegenden Zähler bei der Ladung ein Widerstand vorgeschaltet oder bei der Entladung ein dauernd vorgeschalteter Widerstand überbrückt wird, so daß der Zähler bei der Ladung langsamer läuft. Der Widerstand wird durch Relais oder durch Hilfskontakte geschaltet. Den Entladezustand kann diese Vorrichtung naturgemäß nur dann richtig angeben, wenn die Batterie mit gleichmäßiger Stromstärke entladen wird und die Kapazität bei dieser Stromstärke bekannt ist. Dagegen soll der Apparat der S & H A.-G.[11]) die Beurteilung des Entladezustandes auch bei wechselnder Stromstärke ermöglichen. Er besteht aus einem Strom- und einem Spannungsmesser mit sich kreuzenden Zeigern, deren Schnittpunkt auf einer dem betr. Akkumulator angepaßten Kurvenskala den jeweiligen Entladungszustand angeben soll.

Wolf[12]) bespricht neuere Einrichtungen zum Laden und Entladen von Batterien und führt folgende an: Thomas benutzt zum Laden eine Nebenschlußmaschine, deren Feld einen Widerstand enthält und an einen Maschinenpol einerseits und an das Ende eines dem andern Maschinenpol vorgeschalteten Widerstandes anderseits gelegt wird. Hierdurch glaubt er, starke Stromschwankungen infolge Änderung der Tourenzahl während der Ladung vermeiden zu können. Kettering benutzt einen Zähler, um die Beendigung der Ladung selbsttätig durch Verringerung der Maschinenspannung zu bewirken. Wilson erreicht dasselbe, indem der Zähler die Batterie abschaltet. Die Accumulatoren-Fabrik A.-G. vereinfacht die Aufladung unter Zu- und Gegenschalten

von Schaltzellen durch die Benutzung eines Doppelzellenschalters. Die SSW und Kjaer bringen Verbesserungen an Zellenschaltern, Schmidt (Philadelphia) eine Vorrichtung zur Ausschaltung des Ladestromes bei starker Erwärmung des Elektrolyts. Ladeschaltungen mit Haupt- und Hilfsmaschine sind den SSW[13]) patentiert.

Die Maschinenfabrik Oerlikon[14]) vereinigt den für Parallelschaltung von Batterie und Dynamo nötigen Schalter mit dem Spannungsregler zu einem Apparat. Mengeman[15]) schlägt zur Ersparnis von Kupfer in Kriegszeit und zur Verbilligung der Anlage vor, den Zellenschalter ganz wegzulassen, da bei Metallfadenlampen die durch Spannungsschwankung verursachte Helligkeitsänderung gering und erträglich sei. Er gibt einige Schaltungen mit und ohne gleichzeitig brennende Lampen an.

Die Accumulatoren-Fabrik A.-G.[16]) und Dr. Paul Meyer[17]) geben Konstruktionen von Schaltapparaten, um den Stromkreis zwischen Maschine und Batterie bei Erreichung einer bestimmten Maschinenspannung zu schließen und bei eintretendem Rückstrom aus der Batterie zu öffnen.

Die A.-G. BBC[18]) gibt eine Pufferschaltung an, um den Ladestrom einer Batterie und damit deren erforderliche Größe beliebig klein zu halten. Das Wesentliche ist ein vom Lade- und Entladestrom abhängiger, auf die Erregung der Zusatzmaschine wirkender polarisierter Regler, welcher bei großem Netzstrom die Zusatzmaschine stark in dem einen Sinne, bei geringem Netzstrom aber nur schwach im entgegengesetzten Sinne beeinflußt. Nur kurz erwähnt seien hier, weil zum Laden von Akkumulatoren aus Wechselstromnetzen erforderlich, die Motorgeneratoren und Einankerumformer, welche Wrobel[19]) beschreibt, ferner die Großgleichrichter nach BBC[20]), die auf der Ventilwirkung des Quecksilberdampfes beruhen, und endlich die Wehneltschen Gleichrichter[21]) mit einer Kathode aus glühendem Platinblech, das mit Oxyden überzogen ist. Eine Einrichtung zum selbsttätigen Regeln des von einem Quecksilberdampfgleichrichter gelieferten Stromes in Abhängigkeit von der Ladespannung einer Batterie beschreibt die Westinghouse El. Co.[22]).

Ortsfeste Batterien. Über die Verwendung dieser Batterien liegen im Berichtsjahr nur wenige Berichte vor. In New York[23]) wurde an Stelle einer aufgelassenen Dampfzentrale eine neue Unterstation für das Theaterviertel errichtet, welche eine Reservebatterie von 152 Zellen und 9150 Ah bei einstündiger Entladung enthält. — Woodbridge[24]) beschreibt die Anlage einer Unterstation der Edison El. Illum. Co. in Boston, in welcher eine Batterie von 344 Elementen für 2250 Ah einstündiger Entladung aufgestellt wurde, die hauptsächlich als Puffer für den Bahnbetrieb dient, und außerdem bei Störung in der Drehstromversorgung der Unterstation deren örtliches Drehstromnetz mittels Umformern speist. — In der Beschreibung des Kraftwerks und der Unterstationen der neuen Vorortbahn von Manchester[25]) wird erwähnt, daß die beiden Unterstationen je eine Pufferbatterie von 580 Zellen und 500 Ah einstündiger Kapazität besitzen. Um große Belastungsschwankungen infolge des Bahnbetriebes mit Einphasenstrom von den Kraftwerken fernzuhalten, wurden in dem Unterwerk Bevers der Rhätischen Bahn zwei Sammlerbatterien von 500 V und 1480 Ah nebst Umformern aufgestellt.

Schienenfahrzeuge. Auf der schwedischen Staatsbahnlinie Porjus-Gellivara[26]) wird jetzt der Betrieb mit einem Akkumulatorenwagen aufrecht erhalten. Der Wagen soll eine Geschwindigkeit bis 90 km haben und mit einer Ladung 160 km zurücklegen können. Er ist mit Jungner-Akkumulatoren ausgerüstet. — Über die Triebwagen auf preußisch-hessischen Staatsbahnen wurden im Berichtsjahre keine neuen Angaben veröffentlicht; nach privaten Mitteilungen bewähren sie sich auch unter den jetzigen erschwerten Betriebsverhältnissen gut. — Durch Akkumulatoren betriebene Transportwagen für Fabrikanschlußgleise bauen BBC[27]) in zwei Ausführungen; die leichtere soll dazu dienen, den Verkehr der Halb- und Ganzfabrikate eines Werkes innerhalb der Arbeitsräume zu vermitteln und kann gelegentlich als Verschiebemaschine für 1 bis 2 Eisen-

bahnwagen benutzt werden; die schwerere ist im wesentlichen eine Verschiebemaschine für ganze Züge und kann nebenbei mit einzelnen Stückgütern beladen werden. Die AEG verwendet ebenfalls zum Verschieben der Eisenbahnwagen ihre Plattformwagen mit Sammlerbetrieb. Zu allen Wagen wird zweckmäßig eine Reservebatterie vorgesehen, um die Wagen dauernd in Betrieb halten zu können. Westernhagen[28]) berichtete im vergangenen Jahr über Akkumulatorenfahrzeuge zur Förderung von Stück- oder Massengütern in kleinen Mengen. Außer den vorgenannten Verschiebe- und Plattformwagen beschreibt er noch neuere Konstruktionen der Elektromontana wie diejenige, deren Steuerung durch einen umlegbaren Bügel erfolgt, und die führerlose Lokomotive, die derart mit einem Bügel ausgerüstet ist, daß sie beim Anrennen an Personen und Gegenstände zum Stillstand kommt, endlich den Elektrofant der AEG, ein durch Sammler betriebenes und mit einem elektrischen Kran ausgerüstetes Fahrzeug.

Elektrische Boote. Über Unterseeboote für militärische Zwecke wurde auch im Berichtsjahr wenig veröffentlicht. W[29]) bespricht verschiedene Anlaß- und Antriebsweisen der deutschen Boote. Verschiedentlich wird über Neubauten solcher Boote im Ausland kurz berichtet, und zwar in den Niederlanden und Portugal[30]), Dänemark[31]), Vereinigte Staaten von Amerika[32]). Nach einem Referat aus dem Scient. Amer.[33]) sollen von den 37 bisherigen amerikanischen Booten 36 Bleiakkumulatoren und eines eine Nickel-Eisenbatterie erhalten haben. Auch die 38 im Bau begriffenen sollen zum weitaus größten Teil Bleibatterien erhalten. Jedes Boot erhält 2 Batterien zu je 60 Zellen, deren Gesamtgewicht 60 bis 70 t sei, und welche 3000 Ah während einer Stunde leisten. Die positiven Platten bestehen aus Hartgummiröhren, die mit aktiver Masse gefüllt und mit unzähligen feinen Sägeschnitten für den Zutritt des Elektrolyts versehen sind. Die Nickel-Eisenbatterien für die übrigen Boote werden von der Edison Storage Battery Co. geliefert[34]) und bieten nach der Beschreibung nichts Neues. Als Unterseebootsjäger[35]) sind für die britische Marine in Kanada kleine Tauchboote von 23 m Länge bestellt und zum Teil geliefert, welche über Wasser 20 und unter Wasser 15 Knoten laufen sollen. Letztere Angabe wird bezweifelt.

In technischen[36]) und Tageszeitungen sind eine Anzahl von zum Teil illustrierten Beschreibungen der deutschen Handelstauchboote Deutschland und Bremen erschienen. Die Wasserverdrängung eingetaucht beträgt 1900 t, die Tragfähigkeit etwa 750 t. Über die an dieser Stelle interessierenden Batterien finden sich keine Angaben. Für Fahrten unter Eis wird ein im Jahre 1903 gemachter Vorschlag wiederholt[37]), ein Unterseeboot mit starker Schutzbrücke und Eisbohrern auszurüsten, damit es durch seinen Auftrieb und die Bohrer die Eisschicht sprengen kann, um in aufgetauchtem Zustand die Batterie neu zu laden. Das Boot soll als Eisbrecher, zu Angriffen auf eingefrorene Schiffe und für Nordpolexpeditionen dienen. Für letzteren Zweck soll es eine Strecke von 1500 Meilen mit einer Batterieladung zurücklegen können. Ein ausführliches Werk „Über das U-Boot“[38]) bespricht die technische Entwicklung und Anwendung der U-Boote in gemeinverständlicher, reich illustrierter Darstellung nach Einzelheiten der Zeitschrift „Motorschiff und Motorboot“ desselben Verlages. „Das Elektromotorboot“ in seiner Verwendung als Fischer-, Luxusboot, als Personentransportjacht und als Lastschiff wird in einem längeren Aufsatz[39]) behandelt unter spezieller Berücksichtigung der Schweizer Verhältnisse. Neben Abbildung und Beschreibung der einzelnen Typen werden die Anschaffungs- und Betriebskosten angeführt. Zum Schluß wird ein Elektrobenzinboot der Firma Tribelhorn erwähnt, welches neben der Batterie einen Benzinmotor führt, so daß die Batterie jederzeit geladen werden und das Boot nach Wunsch mit reinem Benzinbetrieb, elektrischem oder gemischtem Betrieb benutzt werden kann.

Elektromobile. Der bereits im Jahrbuch 1915 erwähnte Mangel an Rohgummi hat sich im Berichtsjahr als natürliche Folge der englischen Absperrungsmaßnahmen noch verschärft. Ersatzbereifungen sind in sehr vielen Ausführungen vorgeschlagen, zum Teil auch angefertigt worden, eine wirklich gute, die Gummi-

reifen voll ersetzende Bereifung oder Radkonstruktion ist aber auch im Jahre 1916 nicht gefunden worden. Leider brachte daher das Jahr 1916 auch keine wesentlichen Ergebnisse in der Entwicklung des Elektromobilbaues und nur wenige bemerkenswerte Vorkommnisse im Elektromobilwesen.

Auf dem Gebiete des kommunalen Fahrwesens hat sich in Deutschland ein Umschwung zugunsten elektrischer Fahrzeuge bemerkbar gemacht, der sowohl in der großen Transportkalamität, als auch in der sich immer weiter verbreitenden Erkenntnis der besonderen Eignung elektrischer Fahrzeuge für diese Zwecke seinen Grund hat und auf dem in Köln am 26., 27. und 28. 8. 16 stattgefundenen Kongreß der Leiter städtischer Fuhrparks- und Straßenreinigungsbetriebe Deutschlands zutage trat. Über dasselbe Gebiet berichtet Rödiger[40]), der die einzelnen in Frage kommenden Fahrzeugtypen und ihre Wirtschaftlichkeit behandelt, ferner Wolf[41]). Der Direktor der öffentlichen Straßenreinigung in Budapest[42]) berichtet über Elektromobile im Dienst der Straßenreinigung in Wien und Budapest. Stadtrat Gräf[43]) hat bei dem Wiener Magistrat den Antrag gestellt, das gesamte städtische Fuhr- und Droschkenwesen zu elektrisieren.

In mehreren Zeitschriften wurde von verschiedenen Verfassern das in Amerika geübte Verfahren und die dort geschaffene Organisation zur erweiterten Einführung von Elektromobilen besprochen[44]).

In Wien hat sich eine Gesellschaft gebildet unter dem Namen „Volkswirtschaftliche Gesellschaft zur Förderung des Elektromobilverkehrs“[45]), die es sich angelegen sein läßt, dem Elektromobil die längst verdiente Beachtung und Verwendung zu sichern.

Von Bemühungen in gleicher Richtung wird aus der Schweiz berichtet[46]), wo die reichen Wasserkräfte zur Stromerzeugung in größerem Umfange herangezogen werden sollen. Durch Elektromobile würde ein neues Absatzgebiet für den erzeugten Strom geschaffen werden.

Daß die Feuerwehren nach wie vor die Vorzüge des Elektromobilbetriebes zu schätzen wissen, geht aus dem Verwaltungsbericht der Feuerwehr Magdeburg für das Jahr 1914 hervor[47]). Der Bericht gibt eine Übersicht über die Erneuerungskosten der elektrischen Feuerwehrfahrzeuge und stellt fest, daß die direkten jährlichen Betriebskosten für ein Fahrzeug 365,65 M betragen haben. Die Ersparnisse seit Einführung des elektrischen Betriebes bis zum 31. 3. 1915 beziffert der Bericht auf 111191,20 M.

Das Interesse für die schon im Jahrbuch 1915 angeführten Trucks, kleine elektrische Lastkarren für alle möglichen Verwendungszwecke, ist im Berichtsjahr erkennbar gewachsen. Es wurden die bei der Eriebahn auf Bahnhof Jersey (Nordamerika) in Betrieb befindlichen elektrischen Gepäckkarren und die ähnlichen, von der Firma Max Schiemann & Co. gebauten, besprochen[48]). — Der elektrisch betriebene Krankenfahrstuhl[49]) ist in einem irgendwie beachtenswerten Umfange noch nicht zur Verwendung gelangt, trotz der Kriegszeit, in der zahlreiche Invalide, Kranke und Verwundete dieses Fahrzeug gewiß mit Nutzen hätten verwenden können.

Das Elektromobil als Lieferungswagen und Ärztewagen hat in der Kriegszeit aus leicht begreiflichen Gründen kaum eine weitere Verbreitung gefunden, doch ist anzunehmen, daß nach Beendigung des Krieges diesem Verwendungsgebiet eine vergrößerte Aufmerksamkeit geschenkt wird. Mehrfach finden sich diesbezügliche Abhandlungen und Beschreibungen[50]), die jedoch nichts wesentlich Neues bringen. Über den Bau von Elektromobilen wurde nur wenig veröffentlicht. Eingehend wurde die Frage behandelt[51]), ob die Batterie am besten unter der sog. Batteriehaube, unter dem Fahrgestell, über dem Fahrgestell, unter den Sitzen oder in einem besonderen Behälter anzuordnen ist; Vor- und Nachteile jeder Anordnung werden angeführt. Eine ausführliche Anleitung zum Bau elektrischer Motorwagen gibt die neue (8.) Auflage des Automobiltechnischen Handbuches von E. Valentiner, herausgegeben im Auftrag der Automobiltechnischen Gesellschaft e. V.

Zur Aufladung der Postelektromobilbatterien werden Drehstrom-Gleichstrom-Einanker-Umformer in der Ladestation Luckenwalderstr. 4/5, Berlin[52]), verwendet.

Elektrische Zugbeleuchtung. Schmidt[53]) bringt Fortsetzung und Schluß einer im Vorjahre begonnenen längeren Reihe von Aufsätzen über die elektrischen Zugbeleuchtungssysteme unter besonderer Berücksichtigung des gemischten Betriebssystems. Im Berichtsjahr beschreibt er die Zugbeleuchtung nach dem Einzelwagensystem, und zwar nach folgenden Bauarten: Stone, Sylvertown, Aichele, Vickers, Dick, Feldmann, Leitner-Lucas, Dalziel, GEZ (Gesellschaft für elektr. Zugbeleuchtung), Pintsch-Grob, Brown-Boveri. Büttner[54]) beginnt eine Beschreibung derjenigen neueren Zugbeleuchtungssysteme, welche Eingang in den Eisenbahnbetrieb gefunden haben und führt im Berichtsjahr diejenigen von Dick, GEZ, SET (Société pour L'Eclairage des Trains, Paris), Consolidated Axle Light, USL (United States Light and Heating Co.), ESB (Electrical Storage Battery Co.) an. Als „neuere Eisenbahnwagenbeleuchtung"[55]) wird neben der Preßgasbeleuchtung die elektrische nach dem System Pintsch-Grob besprochen. Der neu eingerichtete Balkanzug Berlin-Konstantinopel[56]) wurde mit elektrischer Beleuchtung ausgerüstet. Von den im Jahre 1915 in den Vereinigten Staaten von Amerika gebauten 3092 Vollbahn-Personenwagen[57]) wurden 2767 = 90% mit elektrischer Beleuchtung versehen.

Aus dem Vorjahre sei noch der Hinweis auf eine Veröffentlichung von Wechmann[58]) nachgetragen, worin er die Berliner Anlagen zur Ladung der Wagen mit reiner Batteriebeleuchtung beschreibt, und zwar die Stromerzeugung, die Umschaltung, die Stromverteilung, die Einrichtung der Wagen und die Anlagekosten.

Automobilbeleuchtung und Anlasser. Neuere Systeme für diese Verwendungsgebiete des Akkumulators hat das Berichtsjahr nicht gebracht. Dagegen wurden verschiedene, zum Teil eingehende und zusammenfassende Beschreibungen hierüber veröffentlicht. Albrecht[59]) bespricht allgemein Vor- und Nachteile der elektrischen Beleuchtung der Kraftfahrzeuge, die Regelung der Maschinenspannung, den selbsttätigen Ein- und Ausschalter für die Dynamo, die Dynamomaschine und ihren Antrieb, den Akkumulator, das Leitungsnetz, die Scheinwerfer, und geht unter Beifügung von Schaltbildern näher auf die Systeme Gray und Davis, Bosch, Westfälische Metallindustrie A.-G., Mafam-Bijur, Leitner-Frankonia, CAV (C. A. Vandervell & Co.) und Rushmore ein. B. Sch.[60]) beschreibt ebenfalls das System Bosch, ferner das von SSW-Dick und das der AEG, welch letzteres einen Elektromotor zum Anlassen des Benzinmotors besitzt. Die Lichtdynamos[61]) selbst können in folgende Klassen eingeteilt werden: 1. deren Umlaufzahl durch mechanische Mittel auf gleicher Höhe gehalten wird; 2. welche durch elektrische Vorrichtung bei wechselnder Umlaufzahl die Batterie mit gleicher Stromstärke laden; 3. welche durch gegenseitige Beeinflussung der Kraftlinienfelder reguliert werden; 4. deren Klemmspannung durch elektrische, auf den Erregerstrom wirkende Vorrichtungen begrenzt wird. Löwy[62]) rät davon ab, zum Anlassen der Explosionsmotoren die hierbei als Motor wirkende Lichtdynamo zu benutzen, da sie hierzu zwei Windungen braucht und Kuppelungen, Getriebe und Schaltungen sehr kompliziert würden. Er empfiehlt einen besonderen Elektromotor, der von der Lichtbatterie gespeist wird, und beschreibt die entsprechenden Einrichtungen von Bosch-Rushmore und Eisemann. Albrecht[63]) gibt ebenfalls Skizze und Beschreibung des Rushmoreschen Anlassers, ferner der Anlasser von Mafam-Bijur und CAV. Bei Feuerwehrfahrzeugen[64]) kann die Abfahrt noch besonders dadurch beschleunigt werden, daß mit dem Melderelais ein selbsttätiger Schalter verbunden wird, von dem ein Kabel zu dem elektrischen Anlasser des Wagens führt, so daß beim Anruf automatisch der Anlasser in Betrieb gesetzt wird und der Benzinmotor schon läuft, ehe noch der Führer seinen Platz eingenommen hat.

Außer zur Beleuchtung, zum Anlassen, zum Betrieb der Huppen hat man vorgeschlagen, die Batterie zur elektrischen Schaltung der Getriebegänge und zur Bremsung[65]) zu verwenden. Letzteres geschieht durch einen von ihr gespeisten kleinen Elektromotor, der mittels Schnecke und Windetrommel das Bremsseil anzieht.

Kleinbatterien. Zum Anschluß von Schwachstromanlagen an Gleichstromnetze unter Verwendung von Akkumulatoren werden von der Elektrizitäts-A.-G. Hydrawerk[66]) und B. Duschwitz[67]) weitere Schaltanlagen vorgeschlagen. Proske[68]) und G. Peters[69]) beschreiben nach der Bauart von S & H ausgeführte Anlagen, die sich gut bewährt haben. — Im Eisenbahnsicherungswesen wurden nach Koßmann[70]) durch Einführung tragbarer Akkumulatoren für Blockstellen auf freier Strecke Fortschritte gemacht.

Weitere Veröffentlichungen betreffen die Verwendung von Akkumulatoren in Feuermeldeanlagen[71]), an Stelle von Primärelementen in Telegraphenanlagen[72]) und zur elektrischen Notbeleuchtung[73]). Eine kurze Notiz über die Verwendung tragbarer Akkumulatorenlampen in Bergwerken enthält die ETZ[74]). — Ernst Schröder[75]) schlägt eine Ladeeinrichtung für umfangreiche Stationen vor, die kleinere und größere Batterien enthalten.

[1]) Selmar Hesse, DRP 293831. — [2]) Morrison, DRP 295276. — [3]) Svenska Ackumulator A.-B. Jungner, DRP 294185. — [4]) Fetscher, DRP 294860. — [5]) Stachlampengesellschaft, DRP 294143. — [6]) Willard, DRP 293700. — [7]) Fritz Foerster, Elektrochemie wässeriger Lösungen, 2. Aufl., Leipzig 1915, J. A. Barth. — [8]) Féry, El. Anz. 1916, S 704. — Electr. (Ldn.) Bd 78, S 126. — [9]) L. Strasser, ETZ 1916, S 326. — [10]) Isaria Zählerwerke, Helios Fachz. 1916, S 336. — [11]) S & H, Helios Fachz. 1916, S 336. — [12]) Wolf, Helios Fachz. 1916, S 297. — [13]) SSW, DRP 286611 u. 293652. — [14]) Örlikon, DRP 293991. — El. Anz. 1916, S 670. — [15]) Mengeman, El. Anz. 1916, S 186. — [16]) Accum.-Fabrik A.-G., DRP 291822. — [17]) Dr. Paul Meyer A.-G., DRP 294187. — [18]) BBC, DRP 293856. — [19]) Wrobel, El. Masch.-Bau 1916 S 549, 562. — [20]) BBC, Helios Exportz. 1916, S 1005. — [21]) El. Anz. 1916, S 5. — [22]) Westinghouse El. Co., Helios Fachz. 1916, S 300. — [23]) El. Masch.-Bau 1916, S 123. — [24]) Woodbridge, El. World Bd 67, S 257. — ETZ 1916, S 445. — El. Masch.-Bau 1916, S 264. — [25]) El. Masch.-Bau 1916, S 606. — [26]) Z. Ver. D. Eisenb.-Verw. 1916, S 390. — [27]) BBC, Helios Exportz. 1916, S 237. — [28]) Westernhagen, Techn. Rundschau 1915, S 335, 344. — [29]) El. Anz. 1916, S 82. — El. Masch.-Bau 1916, S 183. — [30]) Motorschiff und Motorboot 1916, Nr. 11, S 2. — [31]) Ebenda Nr. 7, S 8. — [32]) Ebenda Nr. 9, S 7. — [33]) El. Masch.-Bau 1916, S 105. — [34]) Helios Fachz. 1916, S 240. — [35]) Motorschiff und Motorboot 1916, Nr 10, S 5. — [36]) Prometheus 1916, Nr 1, S 4. — Z. Ver. D. Ing. 1916, S 620, 761. — Motorschiff u. Motorboot 1916, Nr 16, S 2. — [37]) Automobilwelt, Flugwelt 1916, Nr 24, S 12. — [38]) Berlin, Klasing & Co., Allg. Automob.-Ztg. 1916, Nr 3, S 6. — [39]) Elektromobil (Zürich) 1916, S 75, 87, 99. — [40]) Rödiger, Das Elektromobil (Wien) 1916, H 11, S 12; H 12, S 5. — [41]) Wolf, Dtsch. Straßen- u. Kleinbahnztg. 1916, S 429. — [42]) Automobilwelt-Flugwelt 1916, Nr 52, S 18. — [43]) Gräf, Das Elektromobil (Wien) 1916, H 4, S 1. — ETZ 1916, S 502. — [44]) National El. Light Association Nr 18, S 629. — Das Elektromobil (Wien) 1916, H 8, S 7; H 10, S 14. — [45]) Das Elektromobil (Wien) 1916, H 5, S 1. — [46]) Allg. Aut.-Ztg. 1916, H 6, S 11. — [47]) Feuer u. Wasser 1916, S 20, 29, 35. — [48]) ETZ 1916, S 8. — [49]) Automobilwelt 1916, H 24, S 19. — Motorwelt 1916, H 21/22, S 81. — [50]) El. Masch.-Bau 1916, S 32. — Das Elektromobil (Zürich) 1916, H 6/7. — [51]) Elektromobil (Zürich) Nr 11, S 123 u. Nr 12, S 135. — [52]) Mitt. BEW Nr 1, S 7. — [53]) Schmidt, Helios s. JB 1915, S 95; 1916, S 145, 153, 164, 218, 225, 234, 244. — [54]) Büttner, El. Kraftbetr. 1916, S 345. — [55]) Z. Ver. D. Eisenb.-Verw 1916, S 763. — [56]) Deutsche Levante-Ztg. Nr 1, S 38. — [57]) Rlwy. El. Eng. Bd 7, S 223. — ETZ 1916, S 199. — [58]) Wechmann, Verkehrstechn. Woche 1915, S 337. — [59]) Albrecht, Helios Fachz. 1916, S 81, 89, 97. — [60]) Motorwagen 1916, S 136, 166. — [61]) Motorwagen 1916, S 193, 211. — [62]) Löwy, El. Masch.-Bau 1916, S 286. — [63]) Albrecht, Techn. Rundschau 1916, S 235. — [64]) Automobilwelt-Flugwelt 1916, Nr 1, S 6. — [65]) Allg. Automob.-Ztg. 1916, Nr 9, S 16. — [66]) El. A.-G. Hydrawerk, DRP 288813, 289173, 290496, 290497. — Elektrizität 1916, S 262, 286. — Beiblatt zum Prometheus 1916, S 93. — [67]) Duschwitz, Elchem. Zschr. Bd 22, S 283. — [68]) Proske,

Zschr. f. Eisenb.-Sicherungswesen 1916, S 53. — [69]) G. Peters, Ebenda S 169. — [70]) Koßmann, Ebenda S 57. — [71]) Feuert. Z. 1916, S 181. — [72]) Zschr. f. Eisenb.-Sicherungswesen 1916, S 78. — [73]) Helios Exportz. 1916, S 409. — [74]) ETZ 1916, S 123. — [75]) Ernst Schröder, DRP 293500.

IX. Anwendungen der Elektrochemie.

Galvanotechnik: Galvanoplastik, Galvanostegie und elektrolytische Analyse. Von Dr. Karl Neukam, Nürnberg. — Elektrometallurgie. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg. — Herstellung chemischer Verbindungen und deren Verwendung. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg.

Galvanotechnik.

Von Dr. Karl Neukam.

Galvanoplastik. Aus dem Gebiet der galvanoplastischen Metallabscheidungen ist nur sehr wenig zu berichten. H. D. Holler und E. L. Peffer[1]) haben Untersuchungen angestellt über die Dichte von sauren Kupfersulfatlösungen, wie sie in der Kupfergalvanoplastik Verwendung finden. Es hat sich ergeben, daß das spezifische Gewicht solcher Lösungen annähernd eine lineare Funktion der Konzentration ist, und daß die Dichte von Lösungen gleicher Stärke bei Schwefelsäure und Kupfersulfat nahezu dieselbe ist. Der Kupfergehalt solcher Bäder kann daher aus dem spezifischen Gewicht und dem Säuregehalt ermittelt werden. Das Galvanisieren von Tonwaren behandelt ein Aufsatz von H. Fleck[2]), in welchem verschiedene Methoden besprochen werden, um die Oberfläche von keramischen Erzeugnissen mit einem metallisch leitenden Überzug zu versehen und für das Auftragen einer elektrolytischen Metallauflage vorzubereiten. Dichte Metallüberzüge auf Kunststeinen und Kunststeinmassen, die gegebenenfalls als Untergrund für einen galvanischen Überzug dienen können, lassen sich nach einem Verfahren von H. Welte[3]) herstellen. Danach soll gepulvertes Metall in feiner Schicht auf die Kunststeinmasse aufgestreut und bei der Formung des Gegenstandes fest mit aufgepreßt werden. Man erhält hierdurch eine feste Verbindung des Metallpulvers mit der Grundmasse.

Galvanostegie.

Allgemeines. Für den Elektroplattierer gibt es immer noch eine große Zahl ungelöster Probleme aus der Praxis, die ihrer wissenschaftlichen Erforschung harren. Wie G. B. Hogaboom[4]) auf der Versammlung der Amerikanischen Elektrochemischen Gesellschaft nachwies, ist ein Zusammenarbeiten der Galvaniseure mit den Elektrochemikern unbedingt erforderlich. Auch die öffentliche Besprechung der Betriebsbeobachtungen, über die widerstreitende Ansichten bestehen, kann viel zur Aufklärung beitragen. G. Buchner[5]) behandelt die Herstellung von Metallüberzügen, die als Ersatz für Verkupferung, Vermessingung, Vernicklung und Verzinnung während der Kriegszeit in Betracht kommen können. Soweit es sich lediglich um einen Rostschutz handelt, kann hauptsächlich das Verzinken und in manchen Fällen das Verbleien herangezogen werden. Für Verschönerungsarbeiten haben sich mehr und mehr Überzüge aus Kobalt oder Kadmium eingebürgert. Beide Metalle zeichnen sich durch eine schöne weiße Färbung aus, ihr höherer Preis wird ausgeglichen durch die Beständigkeit der Überzüge, die bei diesen Metallen nur von sehr geringer Stärke sein müssen.

Reinigung und Vorbehandlung. Für das Abbeizen von Metallgegenständen hat G. Grüber[6]) eine Vorrichtung konstruiert, bei welcher sich der Beizvorgang und die Reinigung der gebeizten Teile ganz selbsttätig in einer vollständig ver-

schlossenen Kammer vollzieht, welcher die Waren von außen trocken übergeben und nachdem sie gebeizt und säurefrei gespült sind, ebenfalls von außen wieder entnommen werden können. Die Gegenstände werden entweder für sich oder in pendelnden Warenkörben an seitlich abstehende Zapfen einer Gliederkette gehängt, die sich stetig, über Leitrollen geführt, endlos bewegt. Haben sie die Beiztröge und eine Wasserbrause durchlaufen, so lösen sie sich durch veränderte Lage der Kette oder durch Abstreifer ab und fallen in die Spülbehälter. Nach einem Zusatzpatent desselben Erfinders[7]) ist die Gelenkkette mit scheren- oder zangenartig wirkenden Haltern ausgerüstet, die durch einen gewichtsbelasteten Hebelarm betätigt werden und das Beizgut beim Hingang der Kette durch die Beizflüssigkeit festhalten, es dagegen loslassen, wenn die Kette nach ihrem Austritt aus dem Beiztrog wieder zurückgeht. Eine andere neue Beizanlage stammt von O. Fuchs[8]). Bei dieser sollen zur Vermeidung von Verlusten an Beizflüssigkeit und Arbeitszeit die Waren vor dem Beizen in ein Transportgefäß gelegt werden und hieraus erst zur Weiterbehandlung nach dem Beizen entfernt werden. Bewegt wird nur die Beizflüssigkeit und das Waschwasser. Es sind mehrere Wannen vorgesehen, die untereinander durch hydraulische Hebezeuge in Verbindung stehen. Das Beizgut kommt in eine dieser Wannen zusammen mit der Säure, die man nach dem Abbeizen in eine zweite Wanne leitet, während zur ersten Wasser zufließt.

Theorie und Praxis der Eisenbeizerei bespricht C. Hering[9]). Er weist darauf hin, daß die Zundersubstanz von der gewöhnlich zum Beizen verwendeten Schwefelsäure nicht oder nur sehr schwer angegriffen wird, und daß durch die Säurebehandlung immer ein Teil des unter der Oxydschicht liegenden reinen Metalls in Lösung geht. Besser ist der elektrolytische Beizprozeß, bei dem das Eisen als Kathode nicht angegriffen wird und der sich entwickelnde Wasserstoff den Zunder zu niederen Oxyden reduziert und ablöst. Dieses von C. J. Reed erfundene Verfahren stellt sich durch geringeren Verbrauch an Säure und Metall sehr billig, es liefert ein silberweißes Eisen, das für nachträgliche Behandlung und Galvanisierung sehr geeignet ist. Um graues Gußeisen[10]) zur Herstellung von galvanischen Überzügen vorzubereiten und zu polieren, ist das Abbeizen mit Säure besser als die Behandlung mit dem Sandstrahlgebläse, weil dadurch die Eisenoberfläche vollständig oxydfrei und zugleich weich und leicht bearbeitbar wird. Außer Schwefelsäure wird neuerdings vielfach auch Flußsäure verwendet, jedoch erfordert der Umgang mit der letzteren große Vorsicht wegen ihrer gesundheitsschädlichen Eigenschaften.

Zu erwähnen ist auch ein Aufsatz von H. Krebs[11]) über neue elektrische Beizmaschinen für Blechbeizereien, wie sie von der Maschinenbau-A.-G. vorm. Gebr. Klein in Dahlbruch gefertigt werden.

Die Neutralisation von Beizabwässern und die Entfernung von Metallsalzen aus derartigen Gemischen kann nach dem Verfahren von H. Bröcking[12]) mit Hilfe eines präparierten Filters aus poröser Kieselsäure geschehen, das fortlaufend imstande ist Säure und Metall zu binden. Es bedarf bei diesem Verfahren keiner großen Sammelbehälter und Mischvorrichtungen für die Abwässer. Man braucht die Flüssigkeit nur über das Filtermaterial rieseln zu lassen. Eine Schlammbildung tritt gleichfalls nicht auf. Das Herauslösen des absorbierten Metalls kann einfach durch Behandeln der Filterschicht mit starker Salzsäure geschehen. Ebenso ist die Regenerierung des Filters mit Alkalilösungen leicht zu bewerkstelligen.

Apparate. Eine Vorrichtung der Neumetall G. m. b. H.[13]), Berlin-Schöneberg, ermöglicht in ununterbrochenem Betrieb die Herstellung galvanischer Überzüge auf Metallplatten unter Benutzung eines trommelartigen, drehbaren Rahmens, an dessen Umfang die Platten eingespannt und durch das elektrolytische Bad geführt werden. Der Rahmen besteht aus einer Anzahl von Speichenpaaren, an denen unter Federwirkung stehende Hebel mit Ausschnitten angelenkt sind. Beim Austritt aus dem Bad lösen sich die Platten durch Ausschwingen der Hebel selbsttätig von dem Rahmen los. Ein drehbarer

Trommelapparat mit Vorrichtungen, um die Anoden in entgegengesetzter Richtung wie die Waren verschieben zu können, stammt von E. J. Miller[14]. Zum Galvanisieren von Röhren hat J. Laughlin[15] einen langen Kastenapparat konstruiert, bei welchem die Rohre mittels einer Führungskette durch das Bad hindurchgezogen werden, unter den Anoden hinweg, die als horizontale Stäbe in dem Bade liegen. Magnetisierbare Waren können nach einem Vorschlag von N. W. Buch[16] derart galvanisiert werden, daß man sie an Kathodenhaltern durch die Magnetwirkung anzieht und so in das Bad hineinhängt. Als Kathodenhalter wird ein Rahmen mit einer größeren Anzahl senkrechter Stäbe benutzt, die an ihrem oberen Ende Elektromagnetspulen tragen. Das gleiche Prinzip der Warenbefestigung ist bei einem anderen Apparat desselben Erfinders[17] verwertet, der vornehmlich zum Galvanisieren von Röhren dient. Der magnetisch wirkende Kathodenhalter ist als endlose Führungskette gebaut. An dieser werden die Rohre durch den Elektrolysiertrog dicht über den Anoden hinweg gezogen.

M. Schlötter[18] bespricht die Frage der Entlüftung galvanischer Bäder. Von einer brauchbaren Entlüftungsvorrichtung muß verlangt werden, daß sie nicht nur alle beim Arbeiten mit den Bädern auftretenden sauren Gase und gesundheitsschädlichen Dämpfe restlos absaugt, sondern auch während ihrer Anwendung ein bequemes Arbeiten an den Bädern ermöglicht. Bewährt hat sich eine von Berk und Nowka konstruierte Vorrichtung, bei der eine Rolljalousie aus Segeltuch, Asbest oder Zelluloid während der Ruhezeit über das Bad gespannt wird. Beim Einhängen und beim Nachsehen kann sie bequem zurückgeschlagen werden, die Entlüftung geschieht durch ein Absaugerohr, das nach einem Schornstein oder Exhaustor führt.

Bäder und Niederschläge. Über die Abscheidung des Nickels aus seiner Chloridlösung liegt eine eingehende Untersuchung von R. Riedel[19] vor, der die Bedingungen festzulegen suchte, unter denen die Herstellung eines rein weißen Niederschlags ohne Verfärbungen gelingt. Wesentlich erscheint nach seinen Beobachtungen die Einhaltung der richtigen Stromdichte, und diese selbst ist abhängig von dem Nickelgehalt des Bades, seiner Säurekonzentration und der Art der verwendeten Säure. Auch die Reinheit des Elektrolyts und die Bewegung spielen eine Rolle. Die salzsauren Lösungen neigen in viel höherem Grade zur Bildung schwammiger und schwarzer Kathodenabscheidungen. Die Bäder mit Essigsäure vertragen bei hohem Metallgehalt ziemlich hohe Stromdichten und sind auch gegenüber Fremdstoffen nicht so empfindlich. Die später erschienene Fortsetzung der Riedelschen Arbeit[20] befaßt sich hauptsächlich mit der Ergründung der Abblätterungserscheinungen. Als Vorbeugungsmittel gegen derartige Störungen hat sich das Aufrauhen der Oberflächen erwiesen. Auch das Auftragen einer dünnen Nickelzwischenschicht aus äthylschwefelsaurer Lösung oder aus heißem Chloridbad wirkt sehr günstig. Die üblichen Mittel zur Verbesserung der Niederschläge haben sich bei den Chloridbädern nicht bewährt. F. C. Mathers, E. H. Stuart und E. G. Sturdevant[21] führen die Verfärbung der Vernickelungen hauptsächlich auf Verunreinigungen der Anoden durch Eisen zurück. Es sollte nur mit ganz reinem Nickel gearbeitet werden. Ein geringer Zusatz von Chlornickel oder Chlormagnesium verhindert den ungleichen Angriff der Anodenplatten. Die von O. P. Watts[22] vorgenommenen Versuche über Schnellvernickelungen ergaben, daß auf 70° angewärmte Bäder bedeutend günstiger arbeiten und auch mit dreifach erhöhter Stromstärke betrieben werden können. Sie liefern schon in 5 min starke Niederschläge. Den Ersatz der Nickelbäder durch Kobalt behandelt ein Aufsatz von H. Krause[23]. Ein Verfahren, welches in ein und derselben Badflüssigkeit die Reinigung des Gegenstandes und die Abscheidung eines Überzugs ermöglichen soll, wird von Ch. H. Proctor[24] angegeben. Es besitzt außer den Zyanverbindungen des niederzuschlagenden Metalls noch Zusätze von Ätznatron, Soda, Wasserglas und Aluminiumsilikat.

Die elektrolytische Abscheidung von Kupfer und Zinn zu brauchbaren Bronzeniederschlägen haben W. D. Treadwell und E. Beckh[25]) näher erforscht. Zu den Bädern werden komplexe Salze von Kupfer und Zinn verwendet, und zwar das Kupfer in Form des Zyankalidoppelsalzes und das Zinn entweder als Oxalat oder Schwefelnatriumdoppelsalz. Die Elektrolytzusammensetzung ist inzwischen auch patentiert worden. Ein Bronzebad ohne Zyankaligehalt, das auf schwach verzinkten Eisengegenständen gut arbeitet, teilt P. Askenasy[26]) mit. Es enthält sowohl das Kupfer wie das Zinn in Doppelverbindung mit oxalsaurem Ammonium und wird abwechselnd mit Kupfer- und Zinnanoden betrieben. Über die Abscheidung von Niederschlägen aus Metalllegierungen[27]) findet sich ein Aufsatz, in welchem namentlich die von Kremann und seinen Mitarbeitern angewandten Methoden besprochen werden, über die schon im JB 1914 (S 137) und 1915 (S 136) berichtet wurde. Einen Beitrag zur Kenntnis der galvanischen Vermessingung liefert A. Höing[28]), der namentlich die Abscheidungspotentiale von Kupfer und Zink in zyankaliarmen Lösungen untersuchte und Beobachtungen anstellte über den Einfluß wechselnder Badzusammensetzung auf das Aussehen der Messingniederschläge.

Über die Wirkung von Zusatzmitteln bei der Abscheidung von Silber aus salpetersauren Lösungen berichten F. C. Mathers und J. R. Kuebler[29]). Sie fanden eine günstige Beeinflussung der Niederschläge nur bei Zugabe von Weinsäure. Glatte und glänzende Überzüge entstehen auch auf Zusatz von sehr geringen Mengen Leim und salpetersaurem Eisen. A. Geserick[30]) gibt neue Vorschriften für schönglänzende Versilberungen nach dem Tauch- und Anreibeverfahren. Neben dem Silbersalzgemisch enthalten die Lösungen organische Säuren und weinsaures Wismut oder Brechweinstein. Die Anreibepasten bekommen zweckmäßig eine Beimengung von Zinnasche als Putzmittel.

An der Verbesserung von Zinnbädern haben F. C. Mathers und B. W. Cockrum[31]) längere Zeit gearbeitet. Sie fanden, daß ein Bad aus oxalsaurem Zinn und Ammonium mit Zusatz von etwas Pepton festhaftende und feinkristallinische Niederschläge liefert.

Die Erzeugung von Elektrolyteisen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Über den Entwicklungsgang und den derzeitigen Stand berichtet O. W. Storey[32]). Nach seinen Angaben wird bei der Herstellung im großen meist nach dem von Watts abgeänderten Burgeßschen Verfahren gearbeitet, wobei man über 10 mm starke Abscheidungen erhält. Auch die französische Gesellschaft Le Fer[33]) in Grenoble scheint ihr Verfahren soweit ausgebaut zu haben, daß sie Elektrolyteisen im großen herzustellen vermag. Sie fertigt Rohre und Bleche auf drehbaren Kathoden unmittelbar aus gewöhnlichen Gußeisenanoden.

Zur Bestimmung der Stärke von Verzinkungen auf Blechen und Drähten empfiehlt J. A. Aupperle[34]) das Ablösen mit Salzsäure, der etwas Chlorantimon zugesetzt ist. Das Ablösen vollzieht sich dabei sehr rasch, und die Eisenunterlage wird nur ganz wenig angegriffen, so daß durch Differenzwägung die Zinkauflage ermittelt werden kann.

Die Herstellung von Verzinkungen und Verzinnungen auf Eisendrähten wird ausführlich in einem Aufsatz von M. Altpeter[35]) besprochen.

Überzüge aus Edelmetall auf Blechen oder Drähten werden nach E. Max[36]) dadurch fest mit der Unterlage zusammengeschweißt, daß man sie in einer nicht oxydierenden Atmosphäre unter Druck einer Temperatur aussetzt, die unter dem Erweichungspunkt der Unterlage liegt.

Elektrolytische Analyse.

Schon im vorjährigen Bericht waren die Arbeiten von G. P. Baxter (JB 1915, S 136) erwähnt, in welchen die Elektroanalyse zur Bestimmung von Atomgewichten herangezogen wurde. Neuerdings hat derselbe zusammen mit M. Grose und M. L. Hartmann[37]) in der Elektrolyse des Kadmiumbromids eine brauchbare Methode zur Aufstellung eines Atomgewichtswertes für das

Kadmium gefunden. Auch aus der entsprechenden Zinkverbindung läßt sich nach Feststellung von Baxter und Grose[38]) das Zink unter ähnlichen Versuchsbedingungen in absolut quantitativem Maße abscheiden. E. P. Schoch und F. M. Crawford[39]) beschreiben eine Methode zur Bestimmung des Silbers aus ammoniakalischer Lösung, wobei unter Zusatz einer größeren Menge von Chlorammonium mit geringer Stromdichte fast sämtliches Silber niedergeschlagen werden kann. Zur Ausfällung des letzten Restes ist es nur erforderlich, Oxalsäure und Salzsäure bis zur schwachsauren Reaktion hinzuzugeben und kurze Zeit weiter zu elektrolysieren. Für die Zinkbestimmung hat F. Chancel[40]) ein Verfahren ausgearbeitet, das die Abscheidung bei Gegenwart von Ammonsalzen ermöglicht und für die Messinganalyse guten Erfolg verspricht. Die Elektrolyse soll in einem besonderen kleinen Apparat vorgenommen werden mit einer Lösung, die schwach schwefelsauer ist und einen Zusatz von ameisensaurem Natrium erhalten hat. B. L. Murray[41]) verwendet die elektrolytische Analyse zu Metallbestimmungen in organischen Metallsalzen, namentlich für Quecksilber und Wismutverbindungen. Aus dem Quecksilberoleat gelingt die Quecksilberabscheidung in einer Lösung mit Toluol und Salzsäure. Ebenso läßt sich das Quecksilbersalizylat in alkalischer Schwefelnatriumlösung elektrolytisch zerlegen. Für die Wismutbestimmung in der Wismutnaphtholverbindung gibt Murray an, das Salz durch Erhitzen zu zerstören, den wismuthaltigen Rückstand mit Salpetersäure aufzunehmen und diese Lösung dann zu elektrolysieren. In allen Fällen wird mit einer Quecksilberkathode und mit stark bewegtem Elektrolyt gearbeitet. Hinzuweisen wäre auch auf einen Vorschlag von R. B. Krauß[42]) zu einer indirekten Jodbestimmung in organischen Körpern. Danach soll das Jod an Palladium gebunden und abgeschieden und in dieser Verbindung das Metall elektrolytisch ermittelt werden.

Die Untersuchungen zur Trennung der seltenen Erden, die L. M. Dennis (JB 1915, S 137) vorgenommen hat, sind weiterhin von Dennis und P. A. van der Meulen[43]) fortgesetzt worden und haben zu interessanten Beobachtungen über das Verhalten der einzelnen Vertreter dieser Elementengruppe geführt.

Im ganzen betrachtet, zeigen die angeführten Veröffentlichungen, daß die Elektroanalyse in ihrem Ausbau immer weitere Gebiete der analytischen Chemie sich erschließt. Ihre schönsten Triumphe feiert sie aber in der gegenwärtigen Kriegszeit bei der im weitesten Maße durchgeführten ständigen Prüfung von Metallen und Metallegierungen für Zwecke der Heeresverwaltung, wobei namentlich die Schnellmethoden für die Ermittelung von Kupfer, Blei und Zink die unbedingt notwendige, rasche und genaue Untersuchung der verschiedensten Materialien Gewähr leisten.

[1]) Holler u. Peffer, J. Am. Chem. Soc. Bd 38, S 1021. — [2]) Fleck, Keram. Rundschau Bd 24, S 255. — [3]) Welte, DRP 288435 Kl 80b. — [4]) Hogaboom, Metall 1916, S 239. — [5]) Buchner, Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. Bd 48, S 201. — [6]) Grüber, DRP 291393 Kl. 48d. — [7]) Grüber, DRP 291703 Kl 48d. — [8]) Fuchs, DRP 290407 Kl 48d. — [9]) Hering, Met. Chem. Eng. Bd 13, S 785. — [10]) Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. Bd 48, S 366. — [11]) Krebs, Stahl u. Eisen 1916, S 966. — [12]) Bröcking, DRP 291163 Kl 12d. — [13]) Neumetall G. m. b. H., DRP 294013 Kl 48a. — [14]) Miller, USP 1206122. — [15]) Laughlin, USP 1208584. — [16]) Buch, USP 1168280. — [17]) Buch, USP 1168281. — [18]) Schlötter, Metall 1916, S 260. — [19]) Riedel, Z. Elchemie Bd 21, S 5. — [20]) Riedel, Z. Elchemie Bd 22, S 281. — [21]) Mathers, Stuart u. Sturdevant, Z. angew. Chem. Bd 29, III, S 471. — [22]) Watts, Z. angew. Chem. Bd 29, III, S 471. — [23]) Krause, Z. Ver. D. Ing. Bd 60, S 178. — [24]) Proctor, Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. Bd 48, S 124. — [25]) Treadwell u. Beckh, Z. Elchemie Bd 21, S 374. — DRP 290090 Kl 48a. — [26]) Askenasy, Metall 1916, S 261. — [27]) Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. Bd 48, S 186. — [28]) Höing, Z. Elchemie Bd 22, S 286. — [29]) Mathers u. Kuebler, Z. angew. Chem. Bd 29, III, S 471. — [30]) Geserick, DRP 289701 Kl 48b. — [31]) Mathers u. Cockrum, Z. angew. Chem. Bd 29, III, S 471. — [32]) Storey, Iron Trade Rev. Bd 1916, S 1043. — [33]) Le Fer, Stahl u. Eisen 1916, S 734. — [34]) Aupperle, Chem. Eng. Bd 22, S 127. — [35]) Altpeter, Stahl u. Eisen 1916, S 774. — [36]) Max, DRP 292098 Kl 49i. — [37]) Baxter, Grose u. Hartmann,

J. Am. Chem. Soc. Bd 38, S 857. — [38]) Baxter u. Grose, J. Am. Chem. Soc. Bd 38, S 868. — [39]) Schoch u. Crawford, J. Am. Chem. Soc. Bd 38, S 1682. — [40]) Chancel, Bull. Soc. Chim. France Bd 19, S 59. — [41]) Murray, J. Ind. Eng. Chem. Bd 8, S 257, 258. — [42]) Krauß, J. Biolog. Chem. Bd 24, S 321. — [43]) Dennis u. van der Meulen, J. Am. Chem. Soc. Bd 37, S 1963. — Z. anorg. Chem. Bd 93, S 342.

Elektrometallurgie.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Roheisen. Der in Domnarfvet arbeitende große Helfensteinofen mit niedrigem Schacht wird von Max Oesterreich[1]) geschildert. Der Ofen verzehrt zwar mehr elektrische Energie und mehr Kohlen als der Hochschachtofen von Grönwall, verbraucht aber weniger Elektroden, liefert reichere Gase und ist billiger zu bauen. Ein zweiter Ofen für 4000 bis 6000 kW soll 1917 in Norwegen in Betrieb kommen.

Stahl. W. H. Wills und A. H. Schuyler[2]) haben die Wärmeverluste eines 2-t-Ofens gemessen. Bei 4½stündiger Tätigkeit entführten die Gase, welche aus den Beschickungstürmen und dem Stichloch entwichen, 12,5%, die Elektroden 7,3% der durch den elektrischen Strom zugeführten Wärme. Einen kippbaren Dreiphasenofen mit zwei oberen und einer unteren Elektrode beschreibt R. S. Wile[3]), einen rotierenden Ofen B. Eyermann[4]).

Um mit möglichst geringen Kosten zu desoxydieren, läßt Heinrich König[5]) in seinem Gleichstromofen die Kohlenanode oberhalb des Bades enden und setzt dem vorher überoxydierten Metalle eine gerade hinreichende Menge der sauerstoffbindenden Stoffe (Kohlenstoff, Mangan, Silizium u. dgl.) zu. Auf diese Weise spart er an Elektrodenkohle und erreicht mit dem Lichtbogen höhere Badtemperatur.

Ferrolegierungen. Um auch arme Erze in einem elektrischen Schachtofen zu verarbeiten, ordnen die Westdeutschen Thomasphosphatwerke G. m. b. H.[6]) die Elektroden in einem erweiterten Heizraum freihängend an und versehen diesen mit luftdicht schließenden Türen, durch welche der Vorgang überwacht wird und nach Bedarf Zuschläge eingeführt werden können. In diesem Ofen kann z. B. hochprozentiges Ferromangan aus Schlacken, die nur 10 bis 20% Mangan enthalten, mit Nutzen gewonnen werden.

Elektrolyteisen. N. H. M. Dekker[7]) benutzt als Bad eine gesättigte Lösung von Ferrosulfat (Eisenvitriol) und ergänzt während der Elektrolyse das fortdampfende Wasser; die gußeiserne Anode hängt in einer porösen Zelle, die mit Wasser beschickt wird; die zur Anode wandernden Sulfationen lösen das Gußeisen. J. R. Cain, E. Schramm und H. E. Cleares[8]) verwenden dagegen eine schwach saure Lösung von 23,3% Eisenchlorür und 10,3% Natriumchlorid; sie arbeiten mit 0,3 bis 0,4 A/dm^2 und gewinnen ein Eisen, das nur einige tausendstel Prozent an Beimengungen enthält.

Zink. Über die Gewinnung von Feinzink nach alten und neuen Verfahren gibt Franz Juretzka[9]) eine Übersicht, in welcher er die Vorteile des elektrischen Zinkofens darlegt.

Die A. S. Metalforedling[10]) bildet den Zuführungsschacht ihres Ofens aus mehreren aufeinandergesetzten Teilen und regelt die Schachthöhe derart, daß die aufsteigenden und sich an der Beschickung abkühlenden Zinkdämpfe gerade an der günstigsten Stelle niedergeschlagen werden. Damit die Gase ruhig entweichen und Druckschwankungen im Ofen sich gefahrlos ausgleichen können, beschickt dieselbe Gesellschaft[11]) den Entlüftungsschacht mit stückigem Koks. In einem dritten Patente[12]) hat sie sich eine Ummantelung der Kanäle, in denen sich das Zink verdichtet, schützen lassen; indem sie die Temperatur des Mantels mit Hilfe eines durch die Abgase geheizten Kessels regelt, hält sie die schräg angeordneten Verdichtungskammern auf der richtigen Temperatur.

H. Specketer[13]) schließlich versieht die Scheidewände seines drehbaren Dreikammerofens mit Löchern oder läßt den mittleren Teil der Wände fort; beim Drehen des Ofens tritt die Beschickung aus den Unterabteilungen in eine ungeteilte Ofenkammer ein, mischt sich und verteilt sich wieder auf die Unterabteilungen.

Statt mit Erzen beschickt die Imbert-Process-Co.[14]) ihren Ofen mit lockerem Zinkoxyd, das durch Verbrennen von Zink hergestellt wird, und mit feinkörniger Kohle in abwechselnden Schichten. Weil kein Rückstand bleibt, verbraucht der Ofen viel weniger Strom; bei der tieferen Arbeitstemperatur wird das Ofenfutter geschont.

Ein Verfahren zur elektrolytischen Gewinnung von Zink, welches die Gegenwart von Manganverbindungen voraussetzt, haben F. Laist und F. F. Frick[15]) ausgearbeitet. Das aus dem gerösteten Erz oder Konzentrat mit verdünnter Schwefelsäure herausgelaugte Ferrosulfat wird zunächst elektrolytisch zu Ferrisulfat oxydiert, wobei das Mangan den Sauerstoff überträgt, und dann durch Kalkmilch oder Zinkoxyd (geröstetes Zinkerz) ausgeschieden. Darauf entfernt man durch Zusatz von Zinkstaub das Kupfer, Silber, Arsen und Antimon aus dem Bade und scheidet schließlich mit Anoden aus Blei und Kathoden aus Zink das Elektrolytzink ab. Die zurückbleibende saure Badflüssigkeit kann wieder zum Auslaugen von Erz und zum Oxydieren des Eisens dienen.

Um die Abscheidung des Zinkes aus Zinksulfat- oder Zinkchloridlösung günstig zu beeinflussen, setzt Hall[16]) dem Bade fein gepulverten kohlensauren Kalk zu, welcher sich mit dem kräftig gerührten Elektrolyt allmählich zu Kalziumchlorid und -sulfat umsetzt.

Zinn. Whitehead[17]) benutzt als Elektrolyt eine 20proz., mit 0,1% Schwefelsäure versetzte Kieselfluorwasserstoffsäure. Bei Stromdurchgang löst sich die in eine poröse Zelle eingeschlossene Zinnanode; an der Kathode scheidet sich reines Zinn ab, während die im rohen Zinn enthaltenen Edelmetalle und andere Beimengungen als Schlamm zurückbleiben.

Aluminium. In Friedenszeiten bezogen die europäischen Aluminiumfabriken ihren Rohstoff Bauxit (Aluminiumhydroxyd, mit Kieselsäure und Eisen verunreinigt) aus Südfrankreich. Während des Krieges sind ungarische und österreichische Bauxitlager erschlossen worden, so daß dem drohenden Mangel vorgebeugt und sogar die Aluminiumerzeugung bedeutend gesteigert werden konnte.

Aus Ton oder Kaolin (Aluminiumsilikat) stellt Grenville Mellen[18]) zunächst Aluminiumsulfat her, indem er mit Natriumbisulfat schmilzt und mit heißem Wasser auslaugt. Dann fällt er durch konzentrierte Natriumfluoridlösung Aluminiumfluorid aus. Dieses mit Natriumchlorid gemischt, gibt das feuerflüssige Bad, durch dessen Elektrolyse er Aluminiummetall gewinnt.

[1]) Max Oesterreich, Stahl u. Eisen 1915, S 1059. — [2]) W. H. Wills u. A. H. Schuyler, Iron Age 1915, S 1052. — [3]) R. S. Wile, Iron Age 1915, Heft vom 14.10. — [4]) B. Eyermann, Electr. (Ldn.) 1915, S 88. — [5]) Heinrich König, DRP 293470. — [6]) Westdeutsche Thomasphosphatwerke G. m. b. H., DRP 296195. — [7]) N. H. M. Dekker, DRP 295590. — [8]) J. R. Cain, E. Schramm u. H. E. Cleares, Journ. Ind. Eng. Chem. 1916, S 217. — [9]) F. Juretzka, Chemikerztg. 1916, S 885, 896. — [10]) A. S. Metalforedling, DRP 290499. — [11]) A. S. Metalforedling, DRP 290690. — [12]) A. S. Metalforedling, DRP 291492. — [13]) H. Specketer, DRP 290643. — [14]) Imbert-Process Co., DRP 295419. — [15]) F. Laist u. F. F. Frick, Met. Chem. Eng. 1916, S 220. — [16]) Hall, Eng. Min. Journ. 1916, S 263. — [17]) Whitehead, Eng. Min. Journ. 1916, S 356. — [18]) Grenville Mellen, Met. Chem. Eng. 1916, S 221.

Herstellung chemischer Verbindungen.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Alkalichloridelektrolyse. Über die Anordnungen, mit denen man Natriumhypochlorit elektrolytisch herstellt, hat G. Erlwein[1]) eine Übersicht veröffentlicht. Unter anderem gibt er für die Elektrolyseure von S & H, welche mit doppelpoligen Platinnetzelektroden ausgerüstet sind, die Kosten von 1 kg aktivem Chlor zu 53 Pf an. Hierbei ist die kWh zu 6 Pf und das kg Kochsalz zu 1,6 Pf angenommen, Amortisation, Verzinsung und Bedienung nicht berücksichtigt.

Dem Quecksilberverfahren haben die Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co.[2]) eine neue Form gegeben, indem sie umgekehrt wie bisher üblich die als Kathode dienende Quecksilberschicht über der Kohlenanode anordnen. Die Zelle wird durch zwei wagrechte Diaphragmen in drei Kammern geschieden. Am Boden der untersten Kammer ruht die Kohlenplatte; das obere Diaphragma trägt die Quecksilberschicht; in die mittlere Kammer wird die Salzlösung eingeleitet. Das an der Anode entwickelte Chlorgas sammelt sich unter dem unteren Diaphragma und wird seitlich abgeführt; das auf der Unterseite der Quecksilberschicht entstehende Natriumamalgam steigt infolge seines Auftriebes empor und wird durch darüberfließendes Wasser zu Natronlauge zersetzt, die durch ein Rohr ständig abfließt.

Auf eine Anordnung zur Elektrolyse von geschmolzenem Kochsalz hat die Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt[3]) ein Patent genommen. Sie stellt die Teile des Bades, welche mit dem anodischen Chlor und mit dem an der Kathode abgeschiedenen Natriummetall in Berührung kommen, aus einer sehr widerstandsfähigen Zirkonmasse her, die im wesentlichen aus Zirkonoxyd besteht.

Erzeugnisse des elektrischen Ofens. Über die gewaltige Bedeutung, welche gegenwärtig die Erzeugung von Kalkstickstoff und von Salpetersäure aus Luft für Deutschland besitzt, braucht kein Wort verloren zu werden. Wegen des Kriegszustandes ist an diesem Orte nur ein Patent der Norwegischen Hydroelektrischen Stickstoffgesellschaft[4]) zu nennen, welches sich auf einen unter hohem Drucke arbeitenden Lichtbogenofen bezieht. Damit der Bogen ruhig brennt, ist ein Kessel als Puffer angeschlossen, der gleichzeitig den Ofen kühlt, und zwar ist der Ofen in einen Dampfkessel eingesetzt, dessen Flammrohr den Puffer bildet. Das den Oberteil des Ofens kühlende Wasser tritt von dort vorgewärmt in den Dampfkessel.

[1]) G. Erlwein, J. Gas Wasser 1916, S 537. — [2]) Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., DRP 295800. — [3]) Deutsche Gold- u. Silberscheideanstalt, DRP 291240. — [4]) Norwegische Hydroelektrische Stickstoffges., DRP 295766.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

X. Telegraphie.

Telegraphie auf Leitungen. Von Kaiserl. Ober-Telegraphen-Ingenieur Geh. Postrat Theod. Karraß, Berlin. — Telegraphie ohne fortlaufende Leitung. Von Kaiserl. Ober-Telegraphen-Ingenieur Geh. Postrat Prof. Dr. Franz Breisig, Berlin.

Telegraphie auf Leitungen.

Von Geh. Postrat Theod. Karraß.

Allgemeines. Die Kautschukausfuhr aus Brasilien ist durch den Krieg stark beeinflußt worden[1]). Im ersten Halbjahr 1915 hat sie nach Frankreich, Italien, Dänemark, Norwegen, Schweden, Bulgarien und den Niederlanden zum Teil erheblich zugenommen; nach Großbritannien hat sie sich etwas, nach Deutschland aber stark vermindert und nach Österreich-Ungarn hat sie ganz aufgehört. — Ebenfalls infolge des Krieges hatte die Kupfergewinnung der Welt im Jahre 1914[2]) gegenüber dem Jahre 1913 merklich nachgelassen, sie hat aber im Jahre 1915 wieder mehr betragen, als im Jahre 1913. — Ausgeführt haben die Vereinigten Staaten von Nordamerika[3]) während der ersten neun Monate des Jahres 1915 Kupfer in metrischen Tonnen nach Frankreich 17722, nach Italien 17114, nach Rußland 13013 und nach Großbritannien 25010 mehr als in der gleichen Zeit des Jahres 1913, wogegen nach Belgien, Deutschland und Österreich kein Kupfer ausgeführt wurde — Unter solchen Umständen sind die Kriegsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker[4]) weiter ausgebaut worden[5]). Sie enthalten u. a. Angaben über elektrische Maschinen, bei denen Ersatzmetalle verwendbar sind; es können z. B. die Wicklungen in vielen Fällen ganz oder teilweise aus Zinkdraht hergestellt werden. Ferner werden zum Aufdrehen der Isolatoren auf die Stützen Papierhülsen und Streifen von Sackleinwand empfohlen. Die Reichstelegraphenverwaltung verwendet dazu außerdem noch Putzwolle und mit Karbolineum getränktes Papiergewebe, sowie Zeitungspapier ohne Bindemittel. Endlich ist erwähnenswert die Änderung der Kupfernormalien: daß für die Dauer des Krieges und eine angemessene Frist danach das Leitungskupfer auf 1 km Länge und 1 mm^2 Querschnitt einen Widerstand von 20 Ω bei 20° C haben darf (gegen höchstens 17,5 Ω bei 15° C bisher). — Still sind zwei Halbjahrhundertfeiern vorübergegangen, die in friedlichen Zeiten sicherlich geräuschvoll begangen worden wären. Am 1. Januar 1866 trat der Welttelegraphenverein in Kraft, der durch den Telegraphenvertrag von Paris vom 17. Mai 1865 begründet worden war. Zur Feier dieser Ereignisse sollte die für 1915 vorgesehene elfte internationale Konferenz in Paris abgehalten werden, sie mußte aber des Krieges wegen auf unbestimmte Zeit vertagt werden. Eine Denkschrift „L'Union télégraphique internationale (1865 bis 1915)", die vom Internationalen Bureau in Bern herausgegeben worden ist[6]), unterrichtet über die bisherige Entwicklung und Tätigkeit des Vereins[7]). An den zweiten, die Telegraphie betreffenden Gedenktag des Jahres 1916 erinnert E. F. Petritsch[8]), nämlich an den 5. August, an dem vor 50 Jahren der dauernde Verkehr im transatlantischen Kabel eröffnet

worden ist. Einem lichtvollen Rückblick auf die bisherige Entwicklung der Kabeltelegraphie folgt eine Betrachtung über ihre Aussichten für die Zukunft. In einer andern Zeitschrift[9]) wird darauf aufmerksam gemacht, daß dem 5. August auch in anderen Jahren eine gewisse Bedeutung für die transatlantische Telegraphie beiwohnt. An ihm im Jahre 1857 begann die erste Auslegung eines Kabels zwischen Europa und Amerika, im Jahre 1858 war die erste, nur kurze Zeit bestehende Verbindung hergestellt und im Jahre 1914 wurde das nach Amerika führende deutsche Kabel von den Engländern durchschnitten. — Noch eine, und zwar eine Jahrhundertfeier fand am 13. Dezember 1916 statt. Sie galt dem Andenken an Werner von Siemens, den großen Förderer der Elektrotechnik[10]).

Theorie. A. Kunert[11]) beendet seine eingehenden Berechnungen über den Stromverlauf in Telegraphenkabeln. — In Betrachtungen von Béla Gáti[12]), die der Frage gewidmet sind, ob Ozeankabel zum Fernsprechbetriebe dienen können, erörtert der Verfasser auch, warum bei der Kabeltelegraphie die Geschwindigkeit in der Zeichenübermittelung nicht ganz befriedige und durch welche Mittel dieser Telegraphenbetrieb zu verbessern ist. An den Aufsatz knüpfen sich Erörterungen, die sich indessen mit der Kabeltelegraphie nicht befassen. — In der Arbeit von H. W. Malcolm (JB 1913, S 153 Anm. 2) war gezeigt, daß bei gleicher Größe der am fernen Ende von Ozeankabeln ankommenden Zeichen die Stromstärke und die Stromschwankungen am gebenden Ende viel kleiner sind, wenn man Sinusströme anstatt Batterieströmen verwendet. Da diese Überlegenheit der Sinuswellen auf dem Fortfall der Oberschwingungen am Kabelanfang beruht, wird in einer Besprechung[13]) von Malcolms Ausführungen angeregt, zu prüfen, ob die Oberschwingungen der Batterieströme sich nicht durch Vorschalten von Induktivität vor den Brückenanfang und durch Abzweigung eines Sendekondensators zur Erde vor der Induktivität oder durch eine ähnliche Anordnung so unterdrücken lassen, daß im wesentlichen nur die Grundschwingung in die Brücke gelangt. — Mit der Fehlerortsbestimmung in durchfeuchteten Papierkabeln nach der overlap-Methode beschäftigt sich Schotte[14]). — A. Pittonel[15]) (JB 1915, S 152) führt seine Untersuchungen über die zweckmäßige Bestimmung der Spannweite bei Freileitungen zu Ende. Es werden noch die verschiedenen Arten von Schwingungen der Drähte und die Anordnung der Stützen geprüft und mathematisch behandelt. Zuletzt wird erörtert, welchen Einfluß die Festigkeit des Gestänges auf die Wahl der Spannweite hat.

Freileitungen. Im Verfolg eines früheren Vorschlages (JB 1915, S 153), die Stangen statt in eine ²/₃% starke Lösung von Quecksilbersublimat, deren Stärke durch Nachfüllen von Salz erhalten werden muß, in eine etwas stärkere (mindestens im Anfange 0,7%) Lauge zu legen, hat R. Nowotny[16]) die Erkenntnis des Kyanisierprozesses weiter vertieft. Die Holzfaser der mehrere Tage in der Lösung liegenden Stangen nimmt mehr von dem Salz auf, als dem Volumen und der Stärke der Tränkflüssigkeit entspricht. Der Verlauf dieser Überaufnahme und des gleichzeitig auftretenden Abfalls der Stärke der Lauge, der gesetzmäßig erfolgt, werden in Schaulinien dargestellt. Der Wert der Normal- und der Überaufnahme läßt sich für jeden Zeitpunkt der Tränkung berechnen. Von der Gesamtaufnahme an Sublimat entfällt im Durchschnitt mehr als die Hälfte auf die Überaufnahme. Die Beobachtungen erstreckten sich auf Stangen von Kiefern (Tränkzeit 7 Tage), Fichten (10 Tage) und Rotlärchen (7 Tage). Die früher erfahrungsmäßig festgestellte Tatsache, daß praktisch gleiche Gesamtaufnahmen an Sublimat erreicht werden, wenn die Hölzer bei mindestens 0,7% Salzgehalt ohne weitere Salzzufuhr getränkt werden, oder wenn der Stärkegrad der Flüssigkeit unter Nachfüllen von Sublimat möglichst nahe an ²/₃% gehalten wird, ist jetzt rechnerisch bestätigt worden; sie ist eben im Wesen der Kyanisierung vollkommen begründet. — Der Feder desselben Verfassers entstammt eine rückblickende Arbeit[17]), in der übersichtlich die beachtenswerten Vorschläge bis in die neuere Zeit zusammengestellt sind, die darauf ausgehen,

den durch Fäulnis herbeigeführten Abfall hölzerner Telegraphenstangen hintanzuhalten. — In sumpfigem Boden sinken die Telegraphenstangen unter der Last der Drähte mit der Zeit immer tiefer ein. Um dies zu verhindern, solle man in den Teil der Holzstange, der eben unter die Erdoberfläche kommt, schwere lange Nägel einschlagen, die eine kegelförmige Wulst aus Ton oder Zement festhalten. Die auf solche Weise vergrößerte Tragfläche soll das Nachsinken der Stange unmöglich machen[18]. — Damit in einem Gelände, das unter Artilleriefeuer steht, die Betriebsfähigkeit der Telegraphenleitungen besser gewährleistet werde, liegt ein englischer Vorschlag vor[19], wonach zwei parallel zu schaltende Drähte möglichst weit voneinander entfernt ausgelegt und in bestimmten Abständen durch Querleitungen miteinander verbunden werden sollen. Diese Schaltung bietet im Grundriß das Bild einer Leiter mit Holmen und Sprossen. Selbst nach Zerstörung einer größeren Zahl von solchen Leitungsabschnitten wird diese Art Leitung zwischen ihren Endpunkten betriebsfähig bleiben.

Kabelbau. O. Bauer[20] berichtet von Versuchen über die Sprödigkeit des Bleis. Der Bleimantel eines Kabels war ohne äußerlich erkennbare Ursache im Betriebe brüchig geworden und zeigte sehr grobkristallinisches Bruchkorn. Nachgewiesen wurde, daß dieser Zustand auf die Einwirkung von Wärme zurückzuführen war. Daher muß die Nähe von Wärmequellen unter allen Umständen beim Verlegen von Bleirohrkabeln vermieden werden.

Apparate. Von der Western Electric Co.[21] ist ein neuer Drucktelegraph ausgearbeitet worden, der beim Telegraphieren in einer Richtung 45 Wörter in der Minute leistet. Beim Duplexbetriebe leistet er ebensoviel in jeder Richtung, zusammen also 90 Wörter. Beim Doppelt-Duplexbetrieb ist die Leistung $4 \cdot 45 = 180$, beim Dreifach-Duplexbetriebe $6 \cdot 45 = 270$ und beim Vierfach-Duplexbetriebe $8 \cdot 45 = 360$ Wörter. Besonders geschickte Beamte vermögen bis zu 52 Wörter, somit beim Vierfach-Duplexbetriebe bis zu $8 \cdot 52 = 416$ Wörter zu geben. Zum Einfachbetriebe in einer Leitung werden die Zeichenströme mittels eines nach Art von Schreibmaschinen eingerichteten Gebeapparates unmittelbar in die Leitung entsandt, wogegen die Telegramme beim Mehrfachbetriebe in einen Streifen, in dem die Lochzeichen nicht längs, sondern quer zur Streifenrichtung stehen, eingestanzt werden. Der Lochapparat ähnelt ebenfalls einer Schreibmaschine. Am Empfangsort wirken die ankommenden Ströme auf ein polarisiertes Linienrelais, das in Verbindung mit einem Verteiler den Aufnahmeapparat in Tätigkeit setzt, der die Zeichen in Buchstaben- oder Zahlentypen zeilenweise auf ein Blatt druckt. Die ankommenden Zeichen können aber auch in Form eines gelochten Streifens aufgenommen werden, der sich zur Weitergabe des Telegramms benutzen läßt. Wie beim Baudotapparat wird jedes Zeichen durch fünf Stromstöße dargestellt. Die Apparatverbindungen beim Vierfachbetriebe sind durch Bild und Wort erläutert. Der Gleichlauf der Apparate wird von den Telegraphierströmen selbst unterhalten. Der verwendete Motor, der auf der Einrichtung des phonischen Rades beruht, wird durch eine elektrisch erregte Stimmgabel angetrieben. Mit dem Lochapparat ist eine Kontrollvorrichtung verbunden, die ein Lampensignal gibt, kurz bevor eine Zeile vollgestanzt ist, und welche die auf einer Zeile gestanzten Zeichen zählt. Ferner hält dieser Kontrollapparat den Sender selbsttätig an, wenn der Vorrat an gestanzten Streifen aufgebraucht ist. — R. Lopez[22] beschreibt die in Argentinien eingeführte Quadruplexschaltung. Von der englischen[23] unterscheidet sie sich im wesentlichen dadurch, daß 1. statt der einfachen Batterie, deren Strom umgekehrt wird, eine in der Mitte geerdete Doppelbatterie aufgestellt ist, deren einer Pol an der Leitung liegt, wenn der Umkehrungsschlüssel sich in der Ruhelage befindet, und deren anderer Pol beim Niederdrücken des Schlüssels zur Leitung geschaltet wird; 2. daß der Strom beim Arbeiten des zweiten Schlüssels nicht verstärkt, sondern geschwächt wird. Ein Teil des Stromes fließt über einen Widerstand ab, der zwischen Arbeitskontakt und Erde eingeschaltet ist. Mit dem Werte dieses Widerstandes wird der innere Wider-

stand der Doppelbatterie und ein den Schwächungsschlüssel in der Ruhelage kurz schließender Widerstand rechnerisch in Beziehung gesetzt. Die Kapazität der künstlichen Leitung wird der der natürlichen gleichgemacht. Wenn die errechneten Verhältniszahlen genau innegehalten werden, so wird, wie der Verfasser versichert, die Schaltung trotz ihrer beträchtlichen Empfindlichkeit ebenso vollkommen arbeiten, wie die bis jetzt benutzten ähnlichen Anordnungen. — Obwohl das Verfahren, den Lochstreifen für den Wheatstone-Sendeapparat unter Verwendung eiserner Klöppel mit der Hand herzustellen, offenkundige Mängel hat, ist es bis jetzt auch in Ländern, wo das Wheatstone-System verbreiteter ist als in Deutschland, noch nicht gelungen, die immerhin schwere Handarbeit in anderer Weise einfach eingerichteten und sicher wirkenden Maschinen zu übertragen. Scheunemann[24]) führt an, daß ein Tastenlocher von Burningham in Amerika, ein Apparat von Gell in England und Australien, sowie ein Tastenlocher von Creed in England und den nordischen Staaten verwendet worden sind. In Deutschland sind Versuche mit einem elektrischen Tastenlocher der Firma S & H günstig ausgefallen. Da aber dieser Apparat zurzeit nicht angefertigt werden kann, hat der Telegraphendirektor Weyland einen Wheatstonelocher mit elektrischem Antrieb erdacht, der dem vorliegenden Bedürfnis vollkommen genügt.

Dieser Apparat, der in einen hölzernen Untersetzkasten eingebaut ist, enthält nach Scheunemanns Beschreibung folgende Teile: 1. ein Tastenwerk von drei Tasten, die in Übereinstimmung mit den drei Anschlagtasten des gewöhnlichen Wheatstonelochers zur Darstellung der Morsezeichen (Punkt, Zwischenraum, Strich) dienen; 2. drei Paar nebeneinander angeordnete Arbeitselektromagnete, denen je ein Kondensator zu 2 μF mit einem Vorschaltewiderstande von 200 Ω parallel geschaltet ist; 3. ein neutrales Relais, das den Stromkreis für die Arbeitsmagnete schließt; 4. einen Kondensator zu 4 μF mit einem Verzögerungswiderstande von 2000 Ω. Der Entladungsstrom des Kondensators betätigt das neutrale Relais.

Oben auf den Unterkasten wird der gewöhnliche Wheatstonelocher, der auch hier die Stanzarbeit zu verrichten hat, lose aufgesetzt. Wird nun eine der drei Tasten am Unterkasten gedrückt, so wird der entsprechende darüber befindliche Stanzhebel des Lochers für einen Augenblick kräftig heruntergezogen, wobei er die ihm eigentümliche Lochgruppe herstellt. Die Fortschaltung des Papierstreifens geschieht selbsttätig. Im Falle einer Störung des elektrischen Antriebs könnte der Locher ohne weiteres von Hand weiterbetrieben werden. Dieser Kriegsersatzapparat hat seine Brauchbarkeit seit Juli 1915 zuverlässig erwiesen. — Längere Erörterungen[25]) englischer Fachmänner bringen über die neueren Drucktelegraphenapparate nichts grundsätzlich Neues. — In einer Besprechung in der ETZ[26]) des Vorschlages von O. Srnka zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Telegraphenleitungen (JB 1915, S 154) wird gesagt: Selbst wenn es gelingen sollte, der technischen Schwierigkeiten, die der praktischen Durchführung des Vorschlages erfahrungsgemäß entgegenstehen, Herr zu werden, so ist es zweifelhaft, ob nicht mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit und die Apparatkosten für diese Zubringerleitungen (um solche kann es sich nur handeln) der einfache Klopferbetrieb in Ruhestromschaltung vorzuziehen bleibt. Diese Besprechung hat Anlaß zu einem Gedankenaustausch[27]) zwischen dem Verfasser und seinem Kritiker gegeben, der einige Beachtung verdient.

Betrieb. Schon für Kabel mäßiger Länge erreicht der Sperrkondensator, der dem Heberschreiber in der Brückendiagonale vorgeschaltet wird, eine solche Ausdehnung, daß er in der Nähe des Arbeitsplatzes nicht untergebracht werden kann. Die längeren Zuleitungen bereiten aber vermöge ihrer Kapazität Schwierigkeiten für das Abgleichen beim Gegensprechen. Hierzu macht W. Judd[28]) Verbesserungsvorschläge. — Am 17. Juni 1915 trat einer jener heftigen magnetischen Stürme ein, wie sie in elfjährigen Zeitabschnitten zwei- oder dreimal vorzukommen pflegen. Der Telegraphenbetrieb war in diesem Falle wenig

gestört, nur wird die lange Beständigkeit der Erdströme in den Leitungen als überraschend bezeichnet[29]). — Für die Übertragung von Bildern durch Telegraphenleitungen größerer Kapazität, im besonderen durch lange Kabel hat A. Korn[30]) neue Versuche gemacht. Mit einem Empfangsapparat des Siemensschen Schnelltelegraphen (JB 1913, S 156) wurden durch die mit Hilfe des Kornschen Relais (JB 1914, S 154) verstärkten Ströme, die nach der Selenmethode im Geber geliefert werden, Lochstreifen hergestellt. Jede Lochkombination des mehrzeiligen Streifens entspricht einem Bildelemente und stellt die Maßzahl seiner Helligkeit in einer geeigneten Helligkeitsskala dar. Indem man den Lochstreifen durch den Schnelltelegraphen laufen und im Empfänger Buchstaben oder Zeichen schreiben läßt, erhält man ein Buchstaben- oder Zeichentelegramm. Ein Porträt erfordert etwa 25000 Lochkombinationen in dem als „Zwischenklischee" bezeichneten Streifen, dessen Übermittlung zur Empfangsstation Sache des gewöhnlichen Telegraphenbetriebes ist. Bei der Empfangsstation ist das Bild aus dem angekommenen Lochstreifen oder Buchstabentelegramm wieder herzustellen. Dies kann entweder mittels einer besonders eingerichteten Schreibmaschine geschehen oder dadurch, daß mit dem Lochapparat des Siemensschen Schnelltelegraphen wieder ein Streifen gestanzt wird. Ausführlichere Mitteilungen über diese Art der Bildtelegraphie zur Übermittelung auf beliebigen oberirdischen oder versenkten Telegraphenleitungen oder mittels Funkspruchs stellt der Erfinder in Aussicht.

Verwaltung. Durch Gesetz vom 21. Juni 1916 ist in Deutschland eine mit den Post- und Telegraphengebühren zu erhebende Reichsabgabe eingeführt worden, die bei Telegrammen in einem Zuschlag von 2 Pf von jedem Wort (mindestens 10 Pf) und von 10% von jeder Gebühr im Fernsprechverkehr besteht[31]). — Nachrichten über das Telegraphenwesen verschiedener Länder im Jahre 1914 und früher finden sich in vielen Zeitschriften[32]). — v. Rohr[33]) untersucht die grundsätzliche Bedeutung des Abs. 1 in § 6 des Telegraphenwegegesetzes vom 18. Dezember 1899 und des ihm zugrunde liegenden § 12 des Telegraphengesetzes vom 6. April 1892. — Für das Geschäftsjahr, das mit dem 31. März 1915 geendet hat, ist der Bericht des englischen Postmaster General veröffentlicht worden[34]). Aus dem Inhalt, der überall die starke Einwirkung der Kriegsereignisse ersehen läßt, möge folgendes herausgehoben werden: Aus Mangel an geübten Beamten für den Klopferdienst hat es sich als vorteilhaft erwiesen, den Fernsprecher statt des Klopfers zur Telegrammbeförderung zu verwenden. Eine größere Anzahl von Telegraphisten ist zu anderer Verwendung auch dadurch freigemacht worden, daß von druckenden Schnelltelegraphen (den Apparaten von Creed, der Western El. Co., Murray Multiplex und Baudot) in erweitertem Umfange Gebrauch gemacht wurde. Für den Wheatstoneapparat hat man einen Lochapparat mit Tastatur der Schreibmaschinen eingeführt. Der Weiterbau des Systems der von London ausgehenden Kabellinien ist eingestellt worden. Wöchentlich wird in der Nacht vom Sonnabend zum Sonntag ein vom Pressebureau zusammengestelltes Kriegstelegramm an alle Telegraphenanstalten des Landes befördert, das dort am Sonntagmorgen auszuhängen ist.

[1]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 228. — [2]) El. Masch.-Bau 1916, Anhang S 75. — [3]) El. Masch.-Bau 1916, Anhang S 129. — [4]) Z. vgl. JB 1915, S 151. — [5]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 213; Jg 5, S 12, 28, 84, 93, 104, 109. — [6]) J. Télégr. 1916, S 1. — [7]) Z. vgl. Arch. Post. Telegr. 1916, S 413. — [8]) E. F. Petritsch, El. Masch.-Bau 1916, S 485. — [9]) Z. Post. Telegr. (Wien) 1916, S 200. — [10]) Viele deutsche Zeitungen und Zeitschriften, besonders die wissenschaftlichen und technischen, erinnerten an den Gedenktag; namentlich sei genannt „Die Naturwissenschaften", Berlin 1916, H 50. — [11]) A. Kunert, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 185, 195, 203, 210, 217, 229; z. vgl. JB 1915, S 152 Anm. 7. — [12]) B. Gáti, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1915, S 2101; Disc. 1916, S 1059. — [13]) ETZ 1916, S 80. — [14]) Schotte, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 5, S 129. — [15]) A. Pittonel, El. Masch.-Bau 1916, S 616. — [16]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau 1916, S 461. — [17]) R. Nowotny, Z. Post. Telegr. (Wien) 1916, S 251. — [18]) Telegr.-

u. Fernspr.-Techn. Jg 5, S 55 (nach El. World vom 15. 1. 1916, S 154). — [19]) El. Masch.-Bau 1916, S 87 (nach El. World 1915, H 16). — [20]) O. Bauer, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 199 (nach der Zeitschrift „Das Metall"). — [21]) ETZ 1916, S 197. — [22]) R. Lopez, J. Télégr. 1916, S 196, 217. — [23]) Z. vgl. W. Preece and J. Siweright, Telegraphy (Text Book). — [24]) Scheunemann, Arch. Post. Telegr. 1916, S 388. — [25]) H. H. Harrison, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 602, 669, 731, 745. — [26]) ETZ 1916, S 171. — [27]) ETZ 1916, S 254. — [28]) ETZ 1916, S 444 (nach W. Judd, Journ. Inst. El. Eng. Bd 54, S 489; auch zu vgl. Electr. (Ldn.) Bd 78, S 119). — [29]) Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 5, S 15; zu vgl. auch Arch. Post. Telegr. 1916, S 100. — [30]) A. Korn, ETZ 1916, S 89. — [31]) ETZ 1916, S 152, 223, 367. — [32]) J. Télégr. 1916, S 129, 151. — ETZ 1916, S 10, 405. — Arch. Post. Telegr. 1916, S 452, 455. — [33]) v. Rohr, Z. Kleinbahn 1916, S 93. — [34]) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 914 (zu vgl. JB 1913, S 160 Anm. 66 und 1914, S 154 Anm. 30).

Telegraphie ohne fortlaufende Leitung.

Von Geh. Postrat Dr. F. Breisig.

Allgemeine Übersicht. Hogan[1]) hebt in einer Jahresübersicht hervor, daß das Jahr 1915 keine erheblichen Änderungen, sondern allmähliche Entwicklung der Technik gebracht habe. Für Amerika stellt er darin den Übergang von Systemen mit fester Welle zu solchen mit ausgedehntem Bereich fest, mit Anordnungen, die Wellen schnell zu wechseln. Die Telegraphie auf große Entfernungen hat sich immer mehr den andauernden Wellen zugewandt, zumal die zwischen Deutschland und Amerika. Die Frage, ob Maschine oder Lichtbogen, ist unentschieden, da der in Tuckerton mit Erfolg angewandte große Lichtbogensender sich z. B. zwischen Neu-Schottland und Newcastle in England, sowie beim Eiffelturm nicht bewährt hat. Die Entwicklung der Gasverstärker, die gleichzeitig als Detektoren und als Schwingungserzeuger verwendbar sind, hat durch Vervollkommnung des Empfangs mittels Schwebungen erheblich zum Erfolg der andauernden Wellen beigetragen.

Theorie. Ausbreitung der elektrischen Wellen an der Erdoberfläche. Nagaoka[2]) betrachtet die Fortpflanzung elektrischer Wellen um die Erde herum unter der Annahme, daß eine in einer Höhe von 10 km und mehr gelegene, durch ultraviolette Strahlen ionisierte Schicht die Wellen zwischen sich und der Erdoberfläche wie eine Flüstergalerie reflektiert. — L. Cohen[3]) fügt der Austinschen Formel für den empfangenen Strom in der Entfernung d, bei der Wellenlänge λ, $I_r = \frac{k}{d} e^{-0,0015 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}}$, welche zwar die wirklichen Verhältnisse besser nachbildet, als die auf Grund der Absorption gebildete Formel

$$I_r = \frac{k}{d} e^{-0,0019 \frac{d}{\sqrt[3]{\lambda}}},$$

aber doch theoretisch nicht begründet ist, einen Faktor zu, der von der Reflexion abhängt, also mit der Entfernung zunimmt,

$$I_r = \frac{k}{d} (1 + Nd)\, e^{-0,0019 \frac{d}{\sqrt[3]{\lambda}}}$$

und zeigt, daß diese Formel die beobachteten Verhältnisse in großen Bereichen etwa ebenso gut wie die empirische Formel, aber besser begründet, wiedergibt. — Ein Aufsatz von Hogan[4]) enthält Umformungen der Formel zur Berechnung des empfangenen Stromes I_r in Ampere aus dem abgesandten I_s, bei den Höhen h_1 und h_2 in km der Antennen, der Wellenlänge λ und der Entfernung d, alle in km,

$$I_r = \frac{4,25\, I_s\, h_1\, h_2}{\lambda d} e^{-0,0015 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}}$$

für andere Einheiten und eine Tafel zur Berechnung der Reichweite für verschiedene Antennenhöhen und Wellenlängen.

Theorie verlängerter Antennen. Puchstein[5]) führt die von Cohen gegebene Formel für die Welle einer Antenne mit Zusatzapparaten (JB 1915, S158) für die Annahme verteilter Kapazität und Induktivität aus.

Hilfsmittel für Berechnungen. Zur Berechnung von Wellenlängen aus Induktivität und Kapazität oder Umkehrungen solcher Rechnungen gibt Eccles[6]) ein graphisches Verfahren an, bei welchem anscheinend auf den durch die große Achse getrennten Halbbögen einer Ellipse auf der einen Seite die Werte der Kapazität, auf der anderen die Werte der Induktivität nach einem nicht genannten Schlüssel aufgetragen sind, während die große Achse in Wellenlängen geteilt ist. Zieht man von einem Punkte des einen Halbbogens zu einem des anderen eine Gerade, so zeigt der Schnitt mit der großen Achse die Wellenlänge. Kapazität und Induktivität sind sowohl in elektrostatischem als elektromagnetischem Maß aufgetragen, die Wellenlängen in m.

Mechanische Modelle von Empfangssystemen. Die Schwingungssysteme der mechanischen Modelle funkentelegraphischer Empfangssysteme nach Breisig[7]) bestehen aus Gewichten an Spiralfedern, welchen durch Verbindung mittels verschiedener Armlängen eines einarmigen, am Drehpunkt fest aufgehängten Hebels eine beliebige Koppelung gegeben werden kann. Die Übereinstimmung der Bewegungsgleichung mit derjenigen elektrischer Systeme wird nachgewiesen. Bei der geringen Dämpfung lassen sich Resonanzerscheinungen leicht verfolgen. Es wird für gekoppelte Systeme gleicher und verschiedener Eigenfrequenz festgestellt, daß, wenn sie durch eine der Koppelungsschwingungen erregt werden, nach dem Aufhören der Anstöße die Schwingungen ohne Schwebungen weitergehen, während jede Erregung außerhalb einer der Resonanzfrequenzen Schwebungen erzeugt. Außer lose gekoppelten Systemen gleicher Eigenfrequenz werden solche mit abgestimmtem Zwischensystem und fest gekoppelte Systeme ungleicher Eigenfrequenz (Schwungradschaltung) näher besprochen.

Theorie schrumpfender Vektoren. Robertson[8]) nennt schrumpfende Vektoren solche, deren Ende sich nicht auf einem Kreisbogen, sondern auf einer logarithmischen Spirale bewegt. Er entwickelt für Vektoren, welche in gleichen Zeiten gleiche Winkel zurücklegen, die Form und geometrischen Eigenschaften der Kurve gedämpfter Schwingungen und ihrer Ableitungen; daraus die Differentialgleichung schrumpfender Sinusfunktionen und wendet diese geometrischen Beziehungen auf die Vorgänge bei der Ladung und Entladung von Kondensatoren an.

Sprüherscheinungen bei Hochfrequenz. Die Untersuchung von Ryan und Marx[9]) beschäftigt sich mit den Unterschieden der Sprühentladung bei niedriger hörbarer Frequenz (60 Per/s) und bei hoher unhörbarer Frequenz (88000 und 188000 Per/s). Letztere treten bei erheblich kleineren Spannungen auf (bis zu $1/3$) als die ersteren; sie erfordern merklich größere Leistungen und treten daher nicht auf, wenn nur die Spannung, nicht die erforderliche Leistung verfügbar ist.

Apparate. Schwingungserzeuger. Der Schwingungserzeuger von Liebowitz[10]) enthält eine Quecksilberdampflampe mit einer oberen eisernen Anode und zwei Quecksilberkuppen als Kathoden. Alle Elektroden sind über Widerstände mit hoher Induktivität mit den bezüglichen Polen verbunden. Den Kathoden wird, nachdem die Lampe gezündet worden ist, so daß ein sich verzweigender Lichtbogen nach beiden Kathoden übergeht, ein Schwingungssystem parallel geschaltet. Die vorher stabilen Lichtbögen werden unter geeigneten Bedingungen labil, und andauernde Schwingungen werden erzeugt. Die Anordnung eignet sich besonders für hohe Leistungen.

Gleichrichtende Detektoren. Owen[11]) berichtet über Messungen an Gleichrichtern, bei denen er die angelegte Spannung und den Widerstand in Beziehung setzt. Es ergeben sich für jede Anordnung kennzeichnende Kurven, welche für

eine gegebene positive Spannung ein Maximum haben. Diese Spannung und das Verhältnis des Höchstwiderstandes zu dem bei der Spannung Null hängen nicht von den Maßen der untersuchten Einrichtung ab. Auch der Gradient des Widerstandes von der Spannung Null aus ist für eine gegebene Kombination charakteristisch. Es wird eine Theorie entwickelt, welche diese Erscheinungen auf thermoelektrische Vorgänge zurückführt. In einem anderen Aufsatz wird der Einfluß der Zeit, während deren der Meßstrom angelegt wurde, untersucht, und festgestellt, daß bei mäßigen Spannungen die Elektrisierung während $^1/_{100}$ s im wesentlichen dasselbe ergibt, was auch nach 1 Milliontel s gefunden werden würde, so daß die Ergebnisse der Untersuchung bei langsamen Schwingungen auch für das Verhalten gegen Hochfrequenzströme gelten.

Antennen. Strahlungswiderstand. Miller[12]) findet, daß das Anwachsen des Antennenwiderstandes mit der Wellenlänge eine Folge elektrischer Absorption in unvollkommenen dielektrischen Körpern in der Nähe der Antenne ist. Sie liegt nicht in den Eigenschaften des Bodens. Einige Diagramme erläutern die Wirkung von hölzernen Trägern, Bäumen, Hauseinführungen.

Erdantennen. Woolverton[13]) hat mit Erdantennen aus 160 und 320 m langen, mit Baumwolle isolierten Drähten, die ohne Stützen ausgelegt waren, aus der Nähe von San Franzisko die Zeichen von Arlington (3966 km), Sayville (4203 km), Honolulu (3614 km) aufnehmen können. Seine Antenne lag im wesentlichen in der Richtung auf die fernen Stationen, hatte jedoch als Einzelantenne mit Erde nicht die vom Autor erwartete Richtwirkung.

Amerikanische Großstation. Der Ruhm der stärksten Verlustströme dürfte der amerikanischen Station Darien[14]) am Panamakanal zuzuschreiben sein, von der berichtet wird, daß in 20 min Wände, die ½ m vom Anker der Hauptmaschine entfernt sind, so heiß werden, daß man sie nicht anfassen darf. Die Station hat drei Türme von 148 m Höhe und einen Poulsensender, der sich selbst bei stärkstem elektrischen Sturm der Gegenstation Arlington verständlich machen kann.

Verstärker. Theorie des Audions. Latour[15]) stellt für die Stromstärke am Gitter, an der Anode und im äußeren Kreis Anode-Kathode Gleichungen auf, durch welche diese Ströme mit den Spannungsschwankungen durch Widerstandsoperatoren verbunden sind, die sich aus den charakteristischen Kurven des Audions ergeben. Aus diesen Gleichungen werden Ströme und Spannungen beider Seiten als Funktionen der Spannungsschwankungen am Gitter dargestellt. Aus diesen Beziehungen ergibt sich die Verstärkerwirkung als das Verhältnis der Leistung auf der Anodenseite zu der auf der Gitterseite. Es können daraus ferner die günstigsten Übersetzungsverhältnisse für beide Seiten ermittelt werden. Auch der Fall des Schwingungen erzeugenden Audions (mit Rückkoppelung) wird behandelt.

Magnetische Verstärker. Der magnetische Verstärker von Alexanderson[16]) enthält eine Drossel, deren Kern in zwei Teile zerlegt ist. Jeder trägt eine Wicklung aus dem Hochfrequenzkreis, die so geschaltet sind, daß die davon erzeugten Induktionslinien die beiden Kernteile im Kreis durchlaufen, ohne in das Joch wesentlich einzutreten. Beide Kernteile umschließt ferner die Wicklung des Niederfrequenzkreises, deren Induktionslinien durch Kern und Joch verlaufen. Beide Arten von Wicklungen sind also magnetisch nicht verkettet, so daß aus der einen keine Spannung in der anderen induziert wird. Dagegen verändert jede Wicklung die Induktivität der anderen, wenn ihr Strom sich ändert. Während einer Periode der Niederfrequenz ändert sich, vorausgesetzt, daß der Höchststrom zur Sättigung des Eisens ausreicht, die Induktivität der Drossel in den Grenzen, als wenn sie gar kein Eisen oder hoch permeables enthielte. Eine solche Drossel wird der Hochfrequenzmaschine vor- oder parallelgeschaltet. Nach Oszillogrammen zum Original ist es möglich gewesen, Fernsprechschwingungen auf eine 75-kW-Maschine zu übertragen.

Vielfachverstärkung. Korda[17]) weist nach, daß, wenn man die Ströme eines Mehrphasengenerators von ungerader Phasenzahl $(2k + 1)$ und der Fre-

quenz ω in die entsprechenden Primärspulen eines normalen Transformators schickt, dessen Eisen aber bei der gewählten Magnetisierung eine starke Sättigung erfährt, so daß die Kurven verzerrt werden, alsdann die Summe der Flüsse nicht Null ist, sondern als niedrigste Frequenz einen Fluß von der Frequenz $(2k + 1)\omega$ liefert, außerdem dessen ungerade Vielfache. Für die praktische Anwendung nimmt er an, daß die neue Grundfrequenz durch Resonanzschaltungen verstärkt werde, während die höheren Frequenzen durch Foucaultströme praktisch wirkungslos werden.

Als Material seien ohne Bericht erwähnt die zusammenfassenden Aufsätze von Duddell[18]) über drahtlose Telegraphie auf große Entfernungen, Coursey[19]) über drahtlose Telephonie, Howe[20]) über Kapazität von Antennen (Erweiterung von JB 1915, S 159), Armstrong[21]) über den Audionempfänger, eine mathematische Untersuchung von Weinberger[22]) über Löschfunkensender, eine experimentelle von MacLachlan[23]) über einen Poulsenschen Lichtbogensender, endlich eine Patentschau von Eccles[24]).

1) J. L. Hogan jr., El. World Bd 67, S 22. — 2) M. Nagaoka, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 741. — 3) Louis Cohen, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 743. — 4) J. L. Hogan, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 699. — 5) A. F. Puchstein, El. World Bd 67, S 147. — 6) W. Eccles, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 388. — 7) F. Breisig, ETZ 1916, S 633, 650. — 8) D. Robertson, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 106. — 9) M. J. Ryan u. R. G. Marx, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 6. — 10) Liebowitz, El. World Bd 67, S 385. — 11) D. Owen, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 150, 910; Bd 78, S 278. — 12) J. M. Miller, Bull. Bur. Stand. Bd 13, S 129. — Electr. (Ldn.) Bd 78, S 59. — 13) R. B. Woolverton, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 51. — 14) R. S. Crenshaw, ETZ 1916, S 349. — 15) M. Latour, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 280. — 16) E. F. W. Alexanderson, El. World Bd 68, S 234 (nach Proc. Inst. Radio Engin.). — E. F. W. Alexanderson u. S. P. Nixdorff, Gen. El. Rev. 1916, S 215. — Electr. (Ldn.) Bd 77, S 312. — 17) D. Korda, Mitt. der Physikal. Gesellschaft zu Zürich 1916, Nr 18, S 75. — 18) W. Duddell, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 21. — 19) S. R. Coursey, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 7. — 20) G. W. O. Howe, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 761. — 21) E. H. Armstrong, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 798. — 22) J. Weinberger, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 504. — 23) N. W. MacLachlan, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 900. — 24) W. Eccles, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 571, 595.

XI. Telephonie.

Theorie, Leitungsbau. Von Geh. Postrat Prof. Dr. F. Breisig, Berlin. — Apparate, Fernsprechbetrieb. Von Telegraphen-Ingenieur F. Helmdach, Berlin.

Theorie, Leitungsbau.

Von Geh. Postrat Dr. F. Breisig.

Theorie. Bau und Betrieb großer Fernleitungen. Cohen und Hill[1]) haben für eine für 1914 geplante Konferenz von Telegraphentechnikern die Gesichtspunkte zusammengestellt, nach denen in England die Leitungen für große Entfernungen gebaut und geprüft wurden. Die Hauptabteilungen sind oberirdische Leitungen mit und ohne Belastung, unterirdische und unterseeische belastete Kabel, insbesondere Ausgleich des Nebensprechens, Betriebsnormalien auf der Grundlage des Standardkabels, Feststellung der Verluste in Anschlußleitungen und Apparaten durch Reflexionen. Der Aufsatz schließt mit dem Hinweis, daß durch möglichste Verminderung der an sich kleinen Verluste an den zahlreichen Stellen dieser Art erhebliche Vorteile für die Tragweite der Sprechkreise erreicht werden können.

Reflexionen in Fernsprechleitungen. Petritsch[2]) erörtert die Theorie der Rechnungen über Reflexionen in Fernsprechleitungen und führt dann für eine große Zahl von Verbindungen von Leitungen verschiedener Art Rechnungs-

ergebnisse und Schaulinien vor, welche die Änderungen in Charakteristik und Dämpfung darstellen. Er zieht aus der Übereinstimmung mit den an denselben Leitungen angestellten Messungen den Schluß, daß man die Vorgänge beim Zusammenschalten verschiedenartiger Leitungen in allen Fällen zuverlässig berechnen kann. Als wichtig ergibt sich, daß kurze Leitungsstücke, deren Länge unter $^1/_{16}$ Wellenlänge liegt, keine besonderen Zuschläge für Reflexionsverluste erforderlich machen. Eine gewisse Einheitlichkeit der Charakteristiken der verwendeten Leitungsarten wird für wünschenswert erklärt.

Stromverdrängung in Leitungen. Howe[3]) wendet die Gleichungen für die Dämpfung auf Leitungen an auf die Vorgänge der Stromverdrängung. Im Fall eines runden Drahtes geht die Verteilung der nach innen eindringenden Energie vor sich wie in einer Leitung, deren Induktivität für die Einheit des radialen Abstands von der Achse diesem selbst umgekehrt proportional ist, während die Ableitung ihm direkt proportional ist.

Theorie des Mikrophons. Pedersen[4]) beobachtet an einem Mikrophon, daß die Empfindlichkeit steigt, wenn die Membrane leicht nach außen bewegt wird, so daß die Körner loser liegen. Dies kann z. B. durch einseitige Erwärmung auf der Seite der Membrane oder durch magnetische Kräfte geschehen. Dabei steigt auch der Widerstand, und es wird festgestellt, daß Empfindlichkeit und Widerstand sich stets im gleichen Sinne ändern. An diese Vorversuche schließen sich andere an, aus denen der Verfasser eine auf nicht näher begründeten Annahmen beruhende Theorie des Widerstandes eines Mikrophons entwickelt.

Eisen in Fernsprechleitungen. Dumermuth[5]) hat auf Grund von Messungen an Doppeladern, die teils aus zwei Kupferdrähten, teils aus zwei Eisendrähten bestanden, teils je einen Kupfer- und einen Eisendraht enthielten, berechnet, daß Kabel mit Eisenleitern in der einen oder andern Form für kürzere Entfernungen im ganzen, also hinsichtlich der Dämpfung, Verzerrung und Kosten Kabeln aus Kupferdrähten überlegen sind. Das Reziproke des Produkts der drei genannten Größen „die Wirtschaftlichkeit der blanken Doppelader“, ist bei Kupfer-Eisen-Adern um 70%, bei Eisen-Eisen um 190% größer als bei Kupfer-Kupferleitungen. Wäre es noch möglich, die Kosten der Isolation und Armierung herabzusetzen, so wären besonders billige und brauchbare Kabel für mittlere Entfernungen gewonnen.

Fernsprechnetze mit Verstärkern. Jordan[6]) bespricht die Grundlagen für den Bau eines großen Überland-Fernsprechnetzes, in welchem zwischen je zwei Stellen die gleiche Verständigung herrschen soll, nachdem er zunächst eine graphische Übersicht über die Reichweiten bestimmter Leitungsarten gegeben hat. Das erwähnte Ziel ist bei großen Entfernungen nur zu erreichen durch Anwendung von Verstärkern. Mit Rücksicht auf das Übersprechen können diese aber nur verteilt benutzt werden, dergestalt, daß das ganze Netz aus Leitungen gleicher Schwächung, etwa $S = 3$ (bei homogenen Leitungen $S = \beta l$) gebildet wird, in deren Mitte sich Verstärker der Verstärkungsziffer $V = 3$ befinden, so daß von Netzpunkt zu Netzpunkt die Schwächung aufgehoben wird und am Ende die Sprechströme stets mit der Schwächung $S = 3$ einlaufen. Es ergibt sich aber weiterhin, daß diese Art der Verstärkung nicht beliebig oft angewendet werden kann, und zwar wegen der Verzerrung. Wenn neben der Hauptfrequenz $\omega_1 = 5000$ mit der Dämpfungskonstante β_1 noch eine andere, in der Regel höhere Frequenz ($\omega_2 = 10000$) mit der Dämpfungskonstante β_2 für die deutliche Übermittelung notwendig ist, so ergibt sich bei der angegebenen Wiederholung der Verstärkung eine Grenze des Sprechbereichs $3/(\beta_2 - \beta_1)$, über die hinaus keine verständliche Übertragung möglich ist. Über diesen Unterschied $\beta_{10000} - \beta_{5000}$ werden für verschiedene Stufen des Leitungswiderstandes und der induktiven Belastung Berechnungen in Form von Schaulinien gegeben.

Meßeinrichtungen für Fernsprechkreise. B. S. Cohen[7]) beschreibt eine Telephonometer genannte Anordnung zur Messung von Fernsprechkreisen und Apparaten. Zur Stromgebung dient ein rhythmischer Unterbrecher, eine Scheibe,

die von einem Motor angetrieben wird, der innerhalb je 0,7 s zwischen dem Einfachen und Doppelten der Geschwindigkeit hin und her geht, so daß die Scheibe abwechselnd Frequenzen zwischen 700 und 1400 in der Sekunde hergibt. Sie arbeitet über einen Fernhörer ohne Resonanz auf das sendende Mikrophon. Auf der Empfängerseite werden die Ströme im Empfangsinstrument über Verstärker und Karborund-Gleichrichter einem Galvanometer zugeführt. Eine angeführte Meßreihe zeigt die Übereinstimmung von Sprechversuchen, Berechnung und Messung von Leitungen, sowie bei der Prüfung von Apparaten.

Normalwerte für Fernsprechkreise. Die Independent Telephone Association of America hat nach einem Vortrag von Currier Leitsätze[8]) über die Normalisierung von Fernsprechanlagen hinsichtlich der Verständigung vorgeschlagen. Sie gründen sich auf die Anwendung des auch in England üblichen Standardkabels, nach welchem künstliche Kabel mit Unterteilung in 1, 1, 2, 4, 8, 16 engl. Meilen solchen Kabels hergestellt sind, von dem eine bestimmte Anzahl von Meilen eingeschaltet werden kann (1 mile SC hat bei $\omega = 5000$ ein $\beta l = 0{,}11$). Die Prüfapparate werden mittels einer allgemein angenommenen Schaltung (Übertrager, 24 V) mit dem Vergleichskabel und der zu prüfenden Leitung verbunden. Keine Verbindung soll schlechter sein als über 32 MSC, ein Ortsamt soll keinen größeren Verlust als 1,5 MSC, Ortsverbindungsleitungen höchstens den gleichen Verlust herbeiführen. Bei Fernverbindungen gilt für Durchgangsschränke die Zahl 1,0 M S C, für die Schwächung in Fern- und Ortsamt 2,0 M S C als Grenze. Andere Festsetzungen betreffen die Mikrophonspeisung, Nebenstellen, Schnüre, Schrankkabel, Nebenapparate, wie Kondensatoren, Drosseln, Übertrager, Blitzableiter.

Über die **wahre Natur der Sprache** hat Flowers[9]) folgende Feststellungen gemacht. Jeder Laut wird als Zeitfunktion unabhängig von der Tonhöhe durch eine bestimmte Linie gekennzeichnet, welche die aufeinanderfolgenden Amplituden umschließt, so daß gleiche Laute bei verschiedener Tonhöhe sich nur durch die verschiedene Ausfüllung des von dieser Linie und ihrer Symmetrischen umschlossenen Feldes mit Sinusfunktionen verschiedener Frequenz unterscheidet. Die Dauer der stummen Konsonanten hat sich zu etwa 0,01 s ergeben. Wird mit tönender Stimme gesprochen, so liegt die Tonhöhe bei Männern zwischen 85 und 180 Per/s, bei Frauen zwischen 150 und 320 Per/s. Dagegen hat die geflüsterte Sprache bei Männern und bei Frauen dieselbe Höhe zwischen 800 und 3000, im Mittel 1000 Per/s. Mit der geflüsterten Sprache, die frei von den Kehlkopftönen ist, wurden die oben genannten Kurven der Laute aufgenommen, welche bei drei Männern und einer Frau ganz gleiche Form erhielten.

[1]) B. S. Cohen u. J. G. Hill, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 660, 691, 724. — [2]) E. F. Petritsch, El. Masch.-Bau 1916, S 533, 545, 557, 577. — [3]) G. W. O. Howe, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 739. — [4]) P. O. Pedersen, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 589, 625. — [5]) M. Dumermuth, ETZ 1916, S 241. — [6]) H. Jordan, ETZ 1916, S 31, 47. — [7]) B. S. Cohen, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 244, 277. — [8]) ETZ 1916, S 305. — [9]) J. A. Flowers, Proc Am. Inst. El. Eng. 1916, S 183. — Disc. S 1083.

Fernsprechbetrieb.

Von Telegrapheningenieur F. Helmdach.

Amtseinrichtungen, Handämter. Nach den bei neueren Fernsprechämtern erprobten Einrichtungen erörtert Hartz[1]) die zweckmäßigste Anlage der Kabeleinführung und weist dabei auf die Übersichtlichkeit und die Vorteile hin, die sich bei der Einführung der Aufteilungskabel vom Kabelkeller zum Hauptverteiler durch mehrere kleine Einzelschächte geringer Ausdehnung anstatt durch einen großen Sammelschacht erzielen lassen. Er bespricht ferner die günstigste Aufstellung von Haupt- und Zwischenverteiler und von Relaisgestellen und beschreibt die neueren bei der Reichs-Telegraphenverwaltung

gebräuchlichen Sicherungsleisten sowie die am Hauptverteiler anzubringenden Einrichtungen für Prüfzwecke. — Über die Ausführung von Systemprüfungen an zweidrähtigen Vielfachumschaltern (Bauart Siemens & Halske) und an dreidrähtigen Umschaltern nach der Ericsson-Schaltung (in der Ausführung von Siemens & Halske) macht Frentzel[2]) genauere Angaben, wobei er die bei den Prüfungen verwendeten Apparate, die Ausführung der Prüfungen und die Prüfzeiten beschreibt. — Van Lier[3]) berichtet über eine auf fahrbarem Untergestell aufgebaute Schnurprüfeinrichtung des Fernsprechamts im Haag, die eine schnelle und sichere Prüfung der Schnurpaare an ZB- und OB-Schränken ohne Störung der Platzbeamtin ermöglicht. — Neuere Ausführungsformen von kleinen Klappenschränken[4]) für Wandbefestigung zu 10, 30 und mehr Leitungen nach der Kelloggschaltung für Ortsbatteriesystem und Induktoranruf werden in der „Telephony" beschrieben. — Powell[5]) macht Angaben über die Wiederverwendung von Schaltdrähten zur Beschaltung der Haupt- und Zwischenverteiler und bringt Tafeln zur Bestimmung der Länge für die zwischen den einzelnen wagerechten und senkrechten Lötösenreihen erforderlichen Drähte. — Die Schaltung und der Betrieb mit einer bei dem Fernsprechamt in Nürnberg eingerichteten Überweisungsanlage wird von Glaunig[6]) beschrieben. Danach wird in ähnlicher Weise, wie es Johannsen in Kopenhagen mit Abwerfschnüren und Wählern macht, zur Verringerung von Bedienungskosten und zur glatteren Abwicklung der Verkehrsspitzen durch 5 an jedem Arbeitsplatz angebrachte besondere Schnüre die Überweisung der eingehenden, nicht sogleich zu erledigenden Anrufe auf einen freien Arbeitsplatz bewirkt; dort werden die überwiesenen Anrufe durch sog. Empfangsstöpsel in gewöhnlicher Weise erledigt und überwacht. Die Wartezeiten für die Anrufe bei einem bestimmten Beschäftigungsgrad des Schrankpersonals werden berechnet.

Das „Journal télégraphique" berichtet, daß zur Verbesserung des Pariser Fernsprechverkehrs[7]) von der französischen Regierung der Bau von sechs neuen, großen Vermittlungsämtern in Paris und ihre Ausrüstung mit selbsttätigen Zählern in Aussicht genommen ist.

Selbsttätige Einrichtungen. Im März 1916 ist in Halle (Saale)[8]) ein neues halbselbsttätiges Ortsamt und ein Fernamt für ZB-Betrieb (4000 Anschlußleitungen bei einem Ausbau von 5600 Teilnehmern, über 100 Fernleitungen an 29 zweiplätzigen Fernschränken) in Betrieb genommen worden. Die Einrichtung ist von der Siemens & Halske A.-G. ausgeführt. Die Schaltung des Wähleramts mit Abfragebetrieb entspricht der in Liegnitz und Leipzig verwendeten. — Über den Verkehrsumfang des in Leipzig-Reudnitz[9]) in Betrieb genommenen Hilfsamts mit Wählereinrichtung für Abfragebetrieb bringt die ETZ Zahlenangaben. — Hedley[10]) beschreibt ein im Juli 1916 in Paisley (Schottland) errichtetes neues selbsttätiges Amt mit 1200 Anschlüssen, bei dem die neuesten Erfahrungen im Bau selbsttätiger Einrichtungen berücksichtigt sind. — Allgemeine Angaben über Fortschritte in der automatischen Telephonie finden sich im Electrician[11]). — In einer Besprechung über die von Campbell beschriebene halbselbsttätige Fernsprechvermittlungsstelle in Los Angeles[12]) macht Keller Mitteilungen über die Vorbereitungen und die Überleitung des Betriebes von der alten zur neuen Einrichtung, Baer über die Lebensdauer der automatischen Anlage und über das Zusammenarbeiten eines Handamtes mit halb- oder vollselbsttätigen Einrichtungen, Wicks über automatischen Nebenstellen- und Fernverkehr.

In der Zeitschrift für Post und Telegraphie[13]) ist ein von Morton Lewis Johnson in Chicago erfundenes halbselbsttätiges Fernsprechsystem erwähnt, bei dem die Verbindung zwischen der rufenden und der gerufenen Sprechstelle mit Hilfe von Wählerschaltern vom Amt aus erfolgt. — Die selbsttätige Vermittlungseinrichtung in Rom[14]) hat bei Prüfung nach zweijährigem Bestehen ein so günstiges Ergebnis geliefert, daß dem Parlament vorgeschlagen worden ist, alle Handämter durch selbsttätige Einrichtungen zu ersetzen.

Fernverkehr. Jordan[15]) bespricht die Beschränkungen, die sich bei der Verwendung der jetzt bekannten Verstärkereinrichtungen in den bestehenden Fernleitungen aus der verschiedenartigen Bauart und den verschiedenen elektrischen Eigenschaften ergeben. Da der Verstärker sich dem vorhandenen Netz anpassen muß, sind vorläufig nur geringe Verstärkungsgrade, und zwar nicht an den Enden der Fernleitungen möglich. — Fehring[16]) berichtet über die Verwendung von Krarup- und Pupinleitungen für Fernverkehrseinrichtungen und macht Angaben über das Fernkabel Berlin-Rheinland. — Im Electrician findet sich die Angabe, daß im März 1916 ein neues Fernkabel[17]) London-Birmingham - Liverpool mit guter Verständigung in Betrieb genommen worden ist und daß die Fernleitung Montreal - Vancouver[18]) (7000 km) mit ausreichender Verständigung erprobt ist.

Kruckow[19]) gibt einen Überblick über die übliche Art der Zeitermittlung für Ferngespräche und beschreibt einen neuen beim Fernamt in Dresden erprobten Zeitstempel mit Motorantrieb der Siemens & Halske-A.-G. Kruckow spricht sich für die Verwendung von Zeitmessern (Uhren) neben den Zeitstempelanlagen aus und macht Angaben über eine einfache Zeitmeßeinrichtung mit Zählern und Schrittwerk.

Nebenstelleneinrichtungen. Schotte[20]) untersucht die zweckmäßigste Art der Speisung der Mikrophone bei Nebenstellenanlagen in ZB-Netzen und berechnet die wirtschaftlich und technisch günstigste Aufladung der bei den Sprechstellen aufgestellten Pufferbatterien unter Benutzung von besonderen Leitungsadern oder der Amtsanschlußleitungen. — Willers[21]) bespricht das Wesen der Rückfrageeinrichtungen bei den Sprechstellenapparaten. Die Einrichtung dient dazu, während der Unterbrechung eines Amtsgesprächs durch ein anderes Gespräch in der Hausanlage von demselben Apparat aus eine Schlußzeichengabe zum Amt zu verhindern. Die Entwicklung der Einrichtung, die nach einer Ausführungsform der Firma Mix & Genest aus dem Jahre 1905 zu den jetzt gebräuchlichen, sehr vollendeten Formen vervollkommnet ist, wird geschildert.

Apparattechnik. In der ETZ finden sich Angaben über Mikrophonträger[22]) ohne Schalltrichter; der sonst übliche Schalltrichter wird seiner Gesundheitsschädlichkeit wegen durch eine geschlitzte oder gelochte Kappe ersetzt. An den Apparaten der Reichs-Telegraphenverwaltung sind derartige Kappen nicht zugelassen, weil sie die Sprechverständigung schwächen. — Clark[23]) führt nach Untersuchungen über Widerstandsänderungen am solid-back-Mikrophon die Erhöhung des Widerstandes gleich nach dem Einschalten des Mikrophons auf Wärmeentwicklung durch den Mikrophonstrom zurück. Das dann folgende Sinken des Widerstandes begründet er durch den negativen Temperaturkoeffizienten der Kohle (vgl. auch Jb 1915 S. 167). — Pedersen[24]) weist nach, daß die Erhöhung der Empfindlichkeit der Mikrophonkontakte stets von einer Widerstandserhöhung des Mikrophons begleitet ist; Luftdruckerhöhung in der Mikrophonkapsel durch Erwärmung bewirkt eine Steigerung der Empfindlichkeit, ebenso die gleich nach dem Einschalten des Stromes auftretende Joulesche Wärme. Die Beziehungen zwischen Widerstand und Empfindlichkeit werden untersucht und durch praktische Versuche hinreichende Übereinstimmung mit den aus den theoretischen Erwägungen errechneten Werten gefunden.

Cohen[25]) beschreibt die in England zur Messung von Sprechströmen verwendeten Apparate und künstlichen Leitungen. Für die Messungen benutzt er ein empfindliches Galvanometer, dem die durch Unterbrecher verschiedener Umlaufzahlen (700 bis 1400 Umläufe) erzeugten Ströme zugeführt werden, nachdem sie durch Verstärkerapparate auf größere Stromstärke gebracht und durch Gleichrichter in Gleichstrom umgeformt sind (Telephonometer).

Bei einem von Campbell angegebenen Fernhörer mit Doppelmembran[26]) wirken die Sprechströme auf zwei hintereinandergeschaltete Elektromagnete, deren Membrane mit ganz geringem Zwischenraum einander gegenüberstehen. Die Wirkung der Sprechströme verdoppelt sich daher. Knallgeräusche und

Kondensatorwirkung des Fernhörers werden dagegen geschwächt. — Achatz[27]) stellt nach Prüfung an Feinsicherungen die Beziehungen auf zwischen der die Sicherung durchfließenden Stromstärke und der Zeit, in der die Sicherung anspricht, sowie zwischen dem Widerstand der Sicherung und dem zulässigen Dauerstrom. Er findet dabei, daß die Sicherung einen möglichst hohen positiven Temperaturkoeffizienten haben muß, um die Empfindlichkeit zu erhöhen, und daß die Zeit für das Ansprechen der Sicherung von der Außentemperatur abhängt. In Fernsprechstromkreisen verursachen die Sicherungen infolge ihres Widerstandes und ihrer Selbstinduktion Dämpfungsverluste; man soll daher die Sicherungen nur in die Zeichenstromkreise, wo sie benötigt werden, einschalten, nicht aber in Sprechstromkreise. Die Sicherungen sollen eine Durchlässigkeit von dem ein- bis zweifachen Betrage der Stromstärke in dem Leiter haben, der durch die Sicherung geschützt werden soll. — Angaben über Feldtelephone[28]) finden sich in der Zeitschrift für Post und Telegraphie.

Umfang des Fernsprechverkehrs. Nach der vom Statistischen Bureau der American Telephone and Telegraph Company in New York herausgegebenen Zusammenstellung bringt das Archiv f. Post u. Telegr.[29]) eine Übersicht über den Umfang der Fernsprecheinrichtungen in allen Ländern der Erde nach dem Stande des Jahres 1914. Der größte Teil der Fernsprecheinrichtungen ist danach im Eigentum von nichtstaatlichen Unternehmungen, hauptsächlich in den Ländern von Amerika. In Europa überwiegt der staatliche Fernsprechbetrieb; hier hat das Deutsche Reich mit 1,42 Millionen Sprechstellen und 7,3 Millionen km Fernsprechleitungen den größten Staatsbetrieb. Den gesamten in Fernsprechanlagen festgelegten Geldbetrag schätzt man auf 8,8 Milliarden M. — Die ETZ[30]) berichtet über das Fernsprechwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika nach dem Stande von 1912. — Aus dem Jahresbericht des englischen General-Postmeisters[31]) über das Rechnungsjahr 1914 ist zu entnehmen, daß die Beschießungen der Küstenstädte durch unsere Flotte und die Angriffe der Luftschiffe ernste Zerstörungen an Fernsprechanlagen hervorgerufen haben. Im englischen Fernsprechnetz hat die Zahl der Sprechstellen infolge des Krieges durch zahlreiche Kündigungen und durch den Rückgang von Neuanmeldungen stark abgenommen, wenn auch gegen 10000 neue Fernsprechanlagen für Heer und Marine hergestellt sind. Der Fernverkehr hat infolge der dienstlichen Nachrichten für Heer und Marine zugenommen, der Ortsverkehr ist seit Kriegsbeginn um 7% gesunken. Neue Fernkabel sind verlegt und in Betrieb genommen zwischen London und Brighton, Birmingham, Glasgow, Edinburg u. a. Der Betrieb der selbsttätigen Ämter befriedigte; der Bau neuer Ämter hat nicht in dem geplanten Umfang erfolgen können.

Im Journal télégraphique[32]) finden sich statistische Angaben über die Fernsprecheinrichtungen und Auszüge aus den Verwaltungsberichten der meisten europäischen sowie einiger außereuropäischer Fernsprechverwaltungen und Gesellschaften. — Enderes[33]) berichtet über das Fernsprechwesen in Österreich im Jahre 1914; statistische Angaben darüber sind auch im Postarchiv enthalten.

Allgemeines. Um die Schwierigkeiten beim Hören und Auffassen von Zahlen und Zifferngruppen im Fernsprechverkehr zu verringern, sucht Schülke[34]) die Zahlwörter möglichst mit den Ziffern der Zahlen in Übereinstimmung zu bringen und entwickelt von dem jetzigen Gebrauch abweichende Sprechregeln für Zahlensysteme. — Angaben über Gebührenordnung und Bestimmungen über das Staatsfernsprechwesen in Schweden[35]) finden sich im Journal télégraphique. Die ETZ bringt aus der neuen Fernsprechordnung Österreichs[36]) Zahlentafeln für Gebühren von Teilnehmeranschlüssen und Gesprächen.

Eine Schilderung des Fernsprechbetriebes in den von den Deutschen besetzten Gebieten in Belgien[37]) und Polen findet man im Archiv für Post und Telegraphie.

Nach einer Entscheidung des obersten Gerichtshofs in Österreich[38]) ist die Aufforderung der Telephonverwaltung an einen Teilnehmer, einen Türschloß-

automaten, der den Raum mit dem Fernsprechapparat des Teilnehmers selbsttätig abschloß und der schon seit mehreren Jahren angebracht war, bis zu einem bestimmten Zeitpunkt zu entfernen, als Kündigung des Anschlusses anerkannt und der Kläger abgewiesen worden.

Das J. Télégr. berichtet über Verhandlungen betreffs des Ankaufs der privaten Fernsprecheinrichtung in Moskau[39]) durch den Staat und über den Übergang des Fernsprechnetzes in St. Petersburg in die Hände des Staates.

[1]) R. Hartz, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 5, S 1, 9, 17, 25. — [2]) Frentzel, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 5, S 57, 68, 75, 81, 91. — [3]) Van Lier, ETZ 1916, S 375. — [4]) Telephony Bd 70, Nr 24, S 48. — [5]) J. W. Powell, Telephony Bd 71, Nr 5, S 15. — [6]) Karl Glaunig, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 5, S 97. — [7]) J. Télégr. 1916, S 119. — [8]) ETZ 1916, S 199. — [9]) ETZ 1916, S 431. — [10]) J. Hedley, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 698. — [11]) Electr. (Ldn.) Bd 77, S 59. — [12]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 518. — [13]) Z. Post u. Telegr. 1916, S 127. — [14]) J. Télégr. 1916, S 167. — [15]) H. Jordan, ETZ 1916, S 31, 47. — [16]) Fehring, Z. Post u. Telegr. 1916, S 28. — [17]) Electr. (Ldn.) Bd 75, S 857; Bd 76, S 862. — [18]) J. Télégr. 1916, S 167. — [19]) A. Kruckow, ETZ 1916, S 496. — [20]) Schotte, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 5, S 105, 116. — [21]) Willers, ETZ 1916, S 533, 554. — [22]) ETZ 1916, S 571. — [23]) A. L. Clark, Telephony Bd 71, Nr 11, S 27. — [24]) P. O. Pedersen, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 588. — [25]) Cohen, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 244. — [26]) ETZ 1916, S 460. — [27]) R. V. Achatz, Telephony Bd 70, Nr 6, S 22. — [28]) Z. Post u. Telegr. 1916, S 4. — [29]) Arch. Post Telegr. 1916, S 8. — [30]) ETZ 1916, S 10. — [31]) ETZ 1916, S 516. — Telephony Bd 70, Nr 23, S 39. — Electr. (Ldn.) Bd 76, S 914; Bd 77, S 444. — [32]) J. Télégr. 1916, S 13, 29, 61, 63, 65, 67, 85, 88, 105, 111, 188, 221, 236, 239, 241, 255. — [33]) Enderes, Z. Post u. Telegr. 1916, S 74. — Arch. Post Telegr. 1916, S 297. — [34]) A. Schülke, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 4, S 209. — [35]) J. Télégr. 1916, S 160. — [36]) ETZ 1916, S 686. — [37]) Arch. Post Telegr. 1916, S 33, 366. — [38]) Z. Post u. Telegr. 1916, S 142. — [39]) J. Télégr. 1916, S 247.

XII. Elektrisches Signalwesen, elektrische Meß- und Registrierapparate und Uhren.

Eisenbahnsignalwesen und Zugdienst. Von Regierungs- und Baurat Roudolf, Berlin. — Schiffahrts-, Sicherheits- und Betriebssignale, Anzeige- und Meßapparate für nicht elektrische Größen. Von Geh. Oberpostrat Prof. Dr. K. Strecker, Berlin.

Eisenbahnsignalwesen und Zugdienst.

Von Regierungs- und Baurat Roudolf.

Das dritte Kriegsjahr hat die Fortentwicklung der elektrischen Eisenbahnsignaleinrichtungen bei den kriegführenden Staaten Europas wesentlich beeinträchtigt, während Amerika und die am Kriege nicht beteiligten Länder eine um so lebhaftere Regsamkeit nachweisen konnten.

Lichtsignale für die Strecke. In Amerika ist die in den letzten Jahren aufgetauchte Verwendung von Glühlampen für Tages- und Nachtsignale[1]) anläßlich der Elektrisierung der Pennsylvaniabahn auf der Strecke Overbrook-Philadelphia-Paoli weiter ausgebaut worden. Die Signalbilder werden dort durch wagrecht, schräg und senkrecht angeordnete, durch Einkastelung gegen das Sonnenlicht geschützte Lampenreihen dargestellt. Eine senkrechte Lampenreihe bedeutet „Fahrt frei", eine schräge, 45° geneigte Lampenreihe „Weiterfahrt mit Vorsicht" und eine wagerechte Lampenreihe „Halt". Mit diesen, die vorliegende Blockstrecke deckenden Signalen ist je ein weiteres Lichtsignal zur Kennzeichnung des freien oder besetzten Zustandes der nächstfolgenden Blockstrecke verbunden. Hieraus ergeben sich im Vergleich zu den einfachen, jeden

Trugschluß ausschließenden Signalbildern der deutschen Bahnen recht verwickelte Signalbilder.

Auf den deutschen Bahnen sind neue Signale zur Einführung gelangt, und zwar:

a) **Gleissperrsignal** 14/14a[2]). Dieses Signal besteht aus einem wagrechten, beweglichen schwarzen Balken auf kreisförmigem weißem Grund. Dasselbe ist dahin vervollständigt, daß die Aufhebung einer Gleissperrung nicht durch Drehung des Weichensignals, sondern durch Schrägstellung des wagrechten Balkens unter 45^0 angezeigt wird. Der Signalkasten ist hierbei fest angeordnet.

b) **Weichensignal.** Bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen ist versuchsweise ein neues Weichensignal für Kreuzungsweichen[3]) eingeführt, bei dem an Stelle der bisherigen Weichensignale für einfache Weichen nur ein gemeinschaftliches Signal angeordnet wird. Dieses neue Weichensignal für Kreuzungsweichen bezweckt eine leichtere Erkennbarkeit der jeweilig geöffneten Einfahrt in die Weiche, eine Einschränkung der Weichensignale, eine bessere Übersichtlichkeit der zu befahrenden und in Schutzstellung befindlichen Weichen auch in größerer Entfernung und die auffällige Kenntlichmachung etwaiger Halbstellung der Weichenzungen (Störungsbild). Bei diesem Weichensignal sind die üblichen Signalbilder beibehalten.

c) **Ablaufsignal.** Für Ablaufberge größerer Rangierbahnhöfe ist bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen ein Ablaufsignal mit feststehender elektrischer Lichtquelle nach Roudolf[4]) eingeführt. Es besteht aus einem parabolisch gekrümmten, in der Achse der Parabel drehbar gelagerten Flügel mit rauher Oberfläche und einer im Brennpunkt der Parabel fest angeordneten Lichtquelle. Eine hinter dem Parabelflügel befestigte, kreisförmige, flache Scheibe erleichtert die Auffindung dieses Signals bei Tage in größerer Entfernung. Bei Nacht ist nur der weiß leuchtende Flügel sichtbar. Der Flügel zeigt drei Stellungen. Die wagerechte Lage des Flügels bedeutet „Halt“, während durch die schräge, unter 45^0 geneigte Lage „Langsam abdrücken“ und durch die senkrechte Lage „Mäßig schnell abdrücken“ angezeigt wird. Um die Stellung des Signals nach rückwärts zu kennzeichnen, ist ein zweiter Parabelflügel mit besonderer Lichtquelle mit dem Vorderflügel fest verbunden.

Selbsttätige Warnungsignalanlagen sind im Ausland sehr in Gebrauch, weil dort die Zahl der unbewachten Überwege erheblich größer ist als in Deutschland. Bei uns sind selbsttätige Warnungsignale auf Nebenbahnen mit unbewachten Überwegen in weitem Umfange ausgeführt. Sie werden als Schwachstromanlagen mit Batterie- oder Sammlerbetrieb gebaut oder in Form von Motorläutewerken an vorhandene Starkstromnetze angeschlossen.

Warnung für Bahnarbeiter. Zur Einschränkung von Unfällen im Bahnunterhaltungsdienst werden auf den Staatsbahnen Versuche mit elektrischen Warnungsignalen für Bahnarbeiterrotten angestellt. Diese Anlagen bestehen: a) aus tragbaren Läutewerken, die an jede zwischen zwei Stationen (Zugmeldestellen) vorhandene Läuteleitung parallel zwischen Leitung und Erde angeschlossen werden können, b) aus tragbaren Streckenfernsprechern, die ebenfalls wie unter a) angegeben, an die durchgehende Streckenfernsprechleitung anschaltbar sind, c) aus tragbaren, lauttönenden, an Telegraphenstangen, Streckenbuden u. dgl. aufhängbaren Hupen, die mittels eines in angemessener Entfernung von der Rotte angeordneten Schienenstromschließers durch den Zug in Tätigkeit gesetzt werden.

Selbsttätige Lichtsignalanlage. Für Straßenbahnen, die zur Entlastung verkehrsreicher Straßen durch stark geneigte und gekrümmte Tunnel geführt werden mußten, wie im Lindentunnel in Berlin, ist zur Regelung der Zugfolge und Erzielung hoher Zugdichte eine selbsttätige Lichtsignalanlage ausgeführt worden. Die einzelnen Streckenabschnitte sind durch Signalkästen, die an der Tunnelwand oberhalb des lichten Raumes und rechts vom Gleis angebracht sind, gekennzeichnet. Die Signalkästen zeigen mittels roter bzw. grüner Lichter dem Straßenbahn-Wagenführer in angemessener Entfernung vorher an, ob der vor

ihm liegende Streckenabschnitt frei oder besetzt ist. Der Farbenwechsel dieser Lichtsignale wird jedoch abweichend von Stadtschnellbahnen nicht durch Unterteilung der Fahrschienen in elektrisch getrennte Blockstrecken, sondern durch einfache Kontaktvorrichtungen bewirkt, die neben dem Fahrdraht angeordnet und vom Stromabnehmer des Triebwagens betätigt werden. Durch zweckentsprechende Schaltung und Verwendung eines mit Starkstrom betriebenen Magnetschalters ist erreicht, daß der rückliegende Streckenabschnitt erst nach Deckung des jeweils besetzten Abschnittes frei wird.

Signal auf dem Führerstand. Die Simmen Automatic Railway Signal Co.[5]) in Buffalo stellt Signaleinrichtungen her, bei denen auf dem Führerstand angebrachte, rot oder grün leuchtende Lampen den freien oder besetzten Zustand der vorliegenden Strecke während der Dunkelheit anzeigen.

Zugankünder. Schließlich sind noch die elektrischen Zugankünder[6]), die vom Befehlsstellwerk aus eingestellt werden, zu erwähnen. Diese elektrischen Zugankünder können an jede Starkstromquelle angeschlossen werden.

Registriereinrichtungen. Die Simmen Automatic Railway Signal Co.[7]) in Buffalo stellt verbesserte, selbstschreibende, elektrische Registrier- und Dispatchereinrichtungen für eingleisige Strecken her, bei denen der Lauf der Züge und ihre Kreuzungsstellen durch fortlaufende Aufschreibung dauernd überwacht werden können.

Befehlstab. Der vereinzelt im Jahre 1915 als Ersatz für die Stablaterne ausgeprobte elektrische Befehlstab konnte nicht zur allgemeinen Einführung gelangen, da die dauernden Unterhaltungskosten wie Trockenelemente, Lampen und sonstige Ersatzteile höher als bei den bisherigen Öllaternen waren und die Betriebssicherheit des elektrischen Befehlstabes eine beschränkte ist.

Verkehr mit dem fahrenden Zug. Ähnlich den in Amerika zum Teil eingeführten Jonesschen Fahrsperren sind auch in Deutschland verschiedene äußerst sinnreiche Signalvorrichtungen in Vorschlag gebracht worden, bei denen auf dem Führerstand [8]) ein Merkzeichen, Vorsichtsignal, Haltsignal usw. den besetzten Zustand einer vorliegenden Strecke, die Annäherung an ein Signal oder einen Gefahrpunkt anzeigen soll. Da die auf verschiedenen deutschen Bahnen erprobten Einrichtungen, welche eine selbsttätige Ingangsetzung der Lokomotivpfeife oder eine selbsttätige Auslösung der Schnellbremse auf Lokomotiven der Schnellzüge mit 60 km/h und mehr Geschwindigkeit beim Überfahren eines Haltsignals [9]) bewirken sollen, die an sie zu stellenden Anforderungen nicht erfüllen konnten, so werden zurzeit bei Dampfbahnen nur Versuche mit solchen Einrichtungen fortgesetzt, bei denen lediglich die Annäherung des Zuges an ein Signal auf dem Führerstande angezeigt wird. Die aus Amerika stammende Fahrsperre[10]) für elektrische Bahnen ist in verbesserter Ausführung bei der Berliner Hoch- und Untergrundbahn allgemein eingeführt worden. Die Fahrsperren werden sowohl bei den Tunnelsignalen (Lichtsignalen), als auch bei den Flügelsignalen der Hochbahnstrecken durch besondere elektrische Antriebe in die Fahrstellung gebracht. Die günstigen Ergebnisse, welche die Berliner Hochbahngesellschaft mit Nachrücksignalen[11]) gesammelt hat, führte zu deren weiterer Anwendung bei allen ihren Bahnhöfen, auf denen bei einer Zugfolge von 1½ min die Zugaufenthalte 40 s übersteigen. Durch den Einbau der Nachrücksignale ist ein Zeitgewinn von durchschnittlich 13 s erzielt worden. Ein weiteres Mittel zum Anhalten eines fahrenden Zuges hat die Berliner Hochbahngesellschaft durch Einführung der Gefahrsignale geschaffen. Diese Signale ermöglichen bei plötzlich eintretender Gefahr, Gefährdung von Reisenden usw. ein sofortiges Zurücknehmen der Einfahrerlaubnis. Durch kurze Drehung besonderer Schalter auf den Bahnsteigen wird das Einfahrsignal in die Haltstellung gebracht und eine Anzahl Gefahrsignale, die zwischen dem Einfahrsignal und dem Bahnsteig in äußerst auffälliger Weise angeordnet sind, eingeschaltet. Auf diese Weise kann ein Zug, der das „Fahrt frei" zeigende Einfahrsignal bereits durchfahren hat, noch mit Sicherheit vor einem plötzlichen Hindernis zum Halten gebracht werden. Die Gefahrsignale bestehen

aus drei übereinander angeordneten, rot abgeblendeten und weithin leuchtenden Tunnelsignalen. Sie zeigen nur rotes Licht, und zwar nur so lange, als der zugehörige Schalter umgelegt ist.

Blockeinrichtungen. Auf der Berliner Stadtbahn, deren Blocksignale durchweg elektrisch gestellt werden, ist die sog. Bahnsteiggleisisolierung allgemein durchgeführt. Sie bezweckt, daß bei besetztem Bahnsteiggleis durch die Zugachsen ein niedrig gespannter Stromkreis geschlossen wird, der das Entblocken einer Bahnsteigblockstrecke und die Fahrstellung des Einfahrsignals so lange ausschließt, als die Bahnsteigstrecke besetzt ist.

Auf vielen Vorortbahnsteigen sind an Stellen, an denen der Blockwärter den Zugschluß von seinem Standort und aus örtlichen Gründen nicht rechtzeitig erkennen kann, außer den elektrischen Streckentastensperren sog. Zugschlußmelder angeordnet. Sie bestehen aus den auf dem Bahnsteig angeordneten Schlüsselkontakten in Verbindung mit elektrischen Tastensperren am Streckenblockwerk. Der Blockwärter kann die rückliegende Strecke nur unter gleichzeitiger Mitwirkung des Zuges und des Bahnsteigbeamten entblocken. Eine weitausgedehnte Verwendung fanden Signalflügelkontakte bei mechanischen Stellwerkanlagen; sie werden vom Signalflügel oder dessen Gestänge gesteuert und lassen ein Entblocken der rückliegenden Strecke nur bei einwandfreier Haltlage des Signalflügels zu. Gute Ergebnisse wurden ferner mit der von Lenze ersonnenen elektrischen Signalflügelsperre erzielt. Sie bezweckt eine zwangläufige Festhaltung des obersten Signalflügels in der Haltlage bis zum Umlegen des Signalhebels.

Tragbare und ortfeste, aus Starkstromnetzen gespeiste Schwachstrom-Sammlerzellen[12]) wurden im Bereich der preußisch-hessischen Staatsbahnen zur Einschränkung der dauernden Unterhaltungskosten und des Verbrauchs an Kupfer, Kupfervitriol usw. in weiterem Umfange an Stelle früherer Meidinger- usw. Elemente eingeführt.

An Nebeneinrichtungen zu den elektrischen Blockwerken verdienen die elektrischen Streckentastensperren für Ruhestrom, die elektrische Rechentastensperre in Verbindung mit dem Quecksilber-Tropfkontakt Erwähnung. Im Bezirk der Kgl. Eisenbahndirektion Berlin wurden für elektrisch getrennte — isolierte — Schienenstrecken mit gutem Erfolg ölgetränkte Hartpapier-Stoßzwischenlagen[13]) angewandt.

Bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen sind zur Erhöhung der Betriebsicherheit und zum Schutz gegen Fremdströme verbesserte Blockschaltungen mit besonderer Hin- und Rückleitung mit besonderer Leitung zum Blocken und Entblocken[14]) eingeführt.

Zur Verhütung unbeabsichtigter Auslösung elektr. Tastensperren, Gleichstromblockfelder usw. durch abirrende Fahrströme elektrischer Bahnen werden im Bereich der preußisch-hessischen Staatsbahnen Versuche mit einem für diesen Zweck hergerichteten Schienenstromschließer gemacht[15]).

Seyberth[16]) macht beachtenswerte Angaben über die blockelektrische Sicherung von Gleisanschlüssen auf ein- und zweigleisigen Bahnen.

Großmann[17]) beschreibt das Wesen und die Wirkungsweise des für selbsttätige Streckenblockung eingeführten Youngschen Drosselstoßes und weist nach, daß derselbe auch Verwendung finden kann, wenn Wechselstrom zugleich als Fahrstrom und als Signalstrom benutzt wird.

Die selbsttätigen Zugdeckungseinrichtungen für elektrische Hängebahnen fanden durch Gradenwitz und Pohlig[18]) beachtenswerte Verbesserungen. Bei ihnen ist der Fahrdraht entsprechend der größten Zugdichte in Abschnitte geteilt, denen der Fahrstrom aus einer neben der Fahrschiene angeordneten Speiseleitung nur unter Mitwirkung selbsttätig wirkender verbesserter elektromagnetischer Schalter zugeführt werden kann. Ein in eine Blockstrecke eingefahrener Hängebahnwagen schaltet, solange diese besetzt ist, den Fahrstrom für die rückliegende Strecke ab, der etwa nachfolgende Wagen wird selbsttätig abgebremst und selbsttätig wieder angeschaltet, sobald die vorliegende Blockstrecke geräumt ist.

Stellwerkeinrichtungen. Die 1915 bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen versuchsweise eingeführten elektrischen Weichenantriebe mit auffahrbarer mechanischer Verriegelung der Zungen sind nunmehr allgemein eingeführt. Bei mechanischen Stellwerkanlagen mit weit entfernten Einfahrsignalen und Vorsignalen sind versuchsweise elektrische Signalantriebe[19]) eingebaut, die durch den beibehaltenen mechanischen Signalhebel gesteuert werden.

Die Druckluft-Stellwerkanlage auf dem Bahnhofe Spiez in der Schweiz ist nach der Bauart der Maschinenfabrik Bruchsal von der Schweizerischen Gesellschaft Wallisellen[20]) hergestellt. Die Signale und Weichen werden mit kolbenlosen Antrieben mit Luftdruck von 2 atm bewegt und mit Gleichstrom von 36 V gesteuert. Diese Antriebe bestehen aus einem Kolben mit oberer und unterer Luftkammer, die durch Gummimembranen abgeschlossen sind. Je nachdem die Druckluft in die obere oder untere Kammer eintritt, wird der Kolben hin und herbewegt und stellt das Signal oder die Weiche. Durch die Membranen wird dem in den Stopfbüchsen der gewöhnlichen Kolbenantriebe unvermeidlich eintretenden Luftverluste gesteuert. An jedem Antrieb sitzt oben ein Steuermagnet, der, sobald der Knebel im Stellwerk umgelegt wird, Strom erhält, das Ventil zur Freiluft abschließt und die Druckluftleitung zur oberen, größeren Kammer des Antriebes öffnet. Der Kolben bewegt sich nach unten und stellt dann das Signal oder die Weiche. Wird der Magnet stromlos, so öffnet das Ventil den Kanal für die Freiluft der großen Kammer, der Gegendruck der kleinen Kammer stellt die Weiche oder das Signal zurück. Das Schaltwerk ist das gewöhnliche Siemens & Halskesche. Mit Hilfe von Knebeln werden vom Schaltwerk aus die Weichen umgelegt, die Fahrstraßen eingestellt und die Signale bewegt, dadurch daß durch das Umlegen der Knebel den elektrischen Steuer- und Überwachungseinrichtungen der Antriebe Strom zugeführt wird.

Elektrische Weichenbeleuchtung. Die bisherigen günstigen Ergebnisse haben zu einer sehr ausgedehnten Verwendung[21]) dieser Beleuchtungsart unter Anwendung von Kabeln mit Eisen- und Zinkleitern geführt. Es wird die elektr. Weichenbeleuchtung bei neuen elektr. Kraftstellwerkanlagen allgemein vorgesehen und auf die Signalbeleuchtung mit ausgedehnt. In der Kgl. Eisenbahndirektion Berlin sind zur Vermeidung besonderer Umformer versuchsweise einige elektr. Weichenbeleuchtungsanlagen unmittelbar an die mit 110 bzw. 220 V Spannung betriebenen Lichtnetze angeschlossen.

Neuerdings werden an Signalen Ölantriebe verwendet, bei denen an Stelle des bisher üblichen Kuppelstromkreises ein unter Öldruck stehender Kolben den Signalflügel in der Fahrtlage festhält. Das Öl wird durch den den Signalflügel steuernden Signalmotor in ständigem Kreislauf unter einen Kolben gepreßt, solange der zugehörige Schalter im Stellwerk umgelegt ist.

Zugabfertigung durch Fernsprecher. Auf Grund früherer Versuche sind eine Anzahl der lediglich dem Zugmeldedienst dienenden Leitungen auf große Entfernungen für den Simultanbetrieb eingerichtet.

Gute Erfolge mit Fernsprech-Viererleitungen[22]), bei denen gleichzeitig drei voneinander unabhängige Ferngespräche geführt werden können, sind auf der Strecke Göttingen-Kassel erzielt worden.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen haben zwecks besserer Verständigung auf den Streckenfernsprechern deren Polarisationszellen durch Kondensatoren ersetzt. Um das lästige Ertönen der Anrufzeichen auf allen in eine Streckenfernsprechleitung eingeschalteten Betriebstellen zu vermeiden, werden Streckenfernsprecher mit wahlweisem Anruf hergestellt unter Verwendung einer die erforderlichen Kontaktsätze betätigenden Zeigerscheibe. Ausgewählt wird in der Regel durch Drehen der Induktorkurbel bei angehängtem Mikrotelephon, bis der Zeiger die gewünschte Zahl erreicht hat. Angerufen wird alsdann nach Abheben des Mikrotelephons durch einige Kurbelumdrehungen. Nach Anhängen des Mikrotelephons geht der Zeiger in die Grundstellung zurück. Die in den Vorjahren betriebene Verwendung des Fernsprechers zu Dispatschereinrichtungen

im Zugabfertigungsdienst ist weiter ausgebaut worden. Sehr günstige Ergebnisse mit drahtlosen Fernsprechverbindungen auf fahrenden Zügen wurden in Schweden zwischen Stockholm und Lulea (1000 km Entfernung[23]) erzielt.

Auf der mit 15000 V betriebenen elektr. Wiesentalbahn wurden beachtenswerte Verbesserungen am Zugmeldefernsprechnetz[24]) vorgenommen, um die Einwirkungen des hochgespannten Bahnbetriebstromes auszuschließen.

Für Bahnhöfe mit mehreren einmündenden Strecken sind zur Einschränkung der Fernsprecher im Bereich der preußisch-hessischen Staatsbahnen vielfach Anrufhauptschalter für Streckenfernsprecher[25]) eingeführt. Sie ermöglichen eine Einschränkung der Klingelzeichen, die Bedienung aller Anschlüsse von einer Stelle und die jederzeitige Erkennung des freien oder benutzten Zustandes der Leitung.

[1]) Gen. El. Rev. 1916, S 68. — [2]) Zschr. f. d. Eisenb.Sich.Wesen 1915, S 140, 164. — [3]) Ebenda S 153. — [4]) Zentralbl. Bauverwalt. 1913, S 194. — [5]) El. Rlwy. J. Bd 47, Nr 3, S 18 und Nr 6 S 26. — [6]) Zschr. f. d. Eisenb.Sich.Wesen 1916, S 190. — [7]) El. Rlwy. J. Bd 47, Nr 19, S 14. — [8]) Zschr. f. d. Eisenb.Sich.-Wesen 1914, S 161. — [9]) ETZ 1916, S 93. — [10]) Zschr. Kleinbahnen 1916, S 13. — [11]) ETZ 1916, S 166. — Zschr. Kleinbahnen 1917, S 17. — [12]) Zschr. f. d. Eisenb. Sich.Wesen 1916, S 53, 57, 78, 169. — [13]) Ebenda S 136, 152. — [14]) Ebenda 1914, S 47; 1915, S 15. — [15]) Ebenda 1916, S 99. — [16]) Seyberth, Ebenda S 64, 102. — [17]) Großmann, El. Anz. 1916, S 1, 15. — [18]) Gradenwitz u. Pohlig, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 127. — [21]) Zschr. f. d. Eisenb.Sich.Wesen 1916, S 32. — [20]) Schweiz. Ges. Walliseilen, Schweiz. Bauztg. Bd 68, S 276. — [21]) Zschr. f. d. Eisenb.Sich.Wesen 1916, S 32. — [22]) Ebenda S 158. — [23]) Schweiz. Bauztg Bd 68, S 90. — [24]) Zschr. f. d. Eisenb.-Sich.Wesen 1916, S 165. — [25]) Ebenda S 129, 152.

Schiffahrts-, Sicherheits- und Betriebssignale, Anzeige- und Meßapparate für nicht elektrische Größen.

Von Geh. Oberpostrat Prof. Dr. K. Strecker.

Wasserschiffahrt. Um die Wassertiefe während der Fahrt des Schiffes zu ermitteln, senkt Gilson[1]) einen birnförmigen Eisenkörper von etwa 20 kg Gewicht, der ein Körnermikrophon enthält, an einem doppeladrigen eisenbewehrten Litzenkabel ein. Solange der Körper frei im Wasser schwebt, hört man in dem an Bord aufgestellten, mit dem Mikrophon verbundenen Telephon nur schwaches Summen; berührt der Lotkörper aber den Boden, so entsteht ein lautes Geräusch. Zur Bestimmung der Tiefe muß man außer der Länge des abgelassenen Kabels auch die von der Fahrgeschwindigkeit abhängige schräge Lage des Lotkörpers kennen.

Otto Fricke[2]) hat einen Apparat angegeben, um die Entfernung zwischen zwei Schiffen im Nebel zu bestimmen. Er benutzt dazu den Zeitunterschied im Eintreffen eines drahtlosen telegraphischen und eines akustischen Signals. Das empfangende Schiff wird außer mit der Einrichtung zur Aufnahme elektrischer Wellen mit mehreren (16) Mikrophonen, die um den Schiffskörper verteils sind, ausgerüstet. Der eigentliche Meßapparat ist eine wagerechte Kreisscheibe, auf der konzentrische Kreise aufgezeichnet sind. Sie wird von 16 Schreibstiften bestrichen, die beim Eintreffen des elektrischen Wellensignals ausgelöst werden und nun mit gleichbleibender Geschwindigkeit vom Mittelpunkt der Kreisscheibe aus unter gleichen Winkelabständen Radien auf ihr ziehen. Trifft auch das akustische Signal ein, so veranlassen die dem sendenden Schiff zugewandten 2 oder 3 Mikrophone die ihnen zugeordneten Schreibstifte, auf elektromagnetischem Wege ein Zeichen zu machen. Dessen Entfernung vom Mittelpunkt der Kreisscheibe ergibt die Entfernung des sendenden Schiffes. Man wiederholt die Messung und erkennt, ob die Schiffe sich einander nähern oder sich voneinander entfernen.

Signalanlagen. Der bekannte Schöppesche Feuermelder, bei dem ein Kontakt infolge der Ausdehnung eines vom Feuer erwärmten Metallstreifens geschlossen oder geöffnet wird, ist neuerdings[3]) dadurch verbessert worden, daß die Kontaktteile in eine staubdichte Kammer eingeschlossen wurden. Außerdem wurde die Schaltung unter Beibehaltung des Ruhestroms so abgeändert, daß der Stromverbrauch sich wesentlich ermäßigte. Aus der Stromquelle, einer Fallklappe, der Hin- und Rückleitung, einem hohen Widerstand und einem empfindlichen Relais wird ein Ruhestromkreis gebildet; der Widerstand liegt am einen, die Batterie am andern Ende der Anlage. Alle Feuermelder sind mit offenem Kontakt als Brücken zwischen Hin- und Rückleitung geschaltet; schließt einer den Kontakt, so steigt der Strom der Batterie, die Klappe fällt und schließt einen Alarmkreis. Bei Drahtbruch im Ruhestromkreis spricht das empfindliche Relais an.

Die von S & H ausgeführte Feuermeldeanlage der Berginspektion zu Buer, welche Platt[4]) beschreibt, besteht in einer Ruhestromschleife (Abb. 5), welche dauernd nur bei *i* geerdet ist. *a* sind die Feuermelder; jeder enthält eine Typenscheibe, d. i. eine Scheibe mit Zähnen, welche die Morsezeichen darstellen. Wird der Melder in Gang gesetzt, so bringen die Zähne durch Stromunterbrechung die Morsezeichen hervor; zugleich wird die Leitung bei *b* geerdet. Die beiden *c* sind Blitzschutzsicherungen; dazwischen liegen die Apparate der Zentrale. Ist die Leitung in Ordnung, so sprechen beide Apparate *d* und *e* der Zentrale an, schließen einen in der Abb. 5 nicht dargestellten Ortsstromkreis und durch diesen den Erdkontakt *g*. Nun wird ein Alarmwecker ausgelöst, eine Glühlampe entzündet und der Erdschalter *i* geöffnet. Die Zeichen des Melders kommen auf *d* und *e* an. Bekommt die Leitung Erdschluß (z. B. zwischen zwei Meldern), so spricht zunächst der Apparat *l* an, wodurch ein Wecker in Tätigkeit gesetzt wird; der Wärter öffnet den Schalter *i*. Nun ist der Stromkreis durch den Erdschluß in zwei Teile zerlegt, und es kommen die Zeichen eines Melders nur auf einem der beiden Apparate *d* und *e* an. Wird die Leitung unterbrochen, so lassen *d* und *e* die Anker fallen, worauf, wie beschrieben, *g* geschlossen, *i* geöffnet wird. Auch in diesem Falle wird der Stromkreis geteilt, und die Zeichen kommen nur auf einem der Apparate an. Dieselbe Teilung findet statt, wenn Unterbrechung und Erdschluß gleichzeitig auftreten, oder wenn zwei Melder gleichzeitig in Gang gesetzt werden.

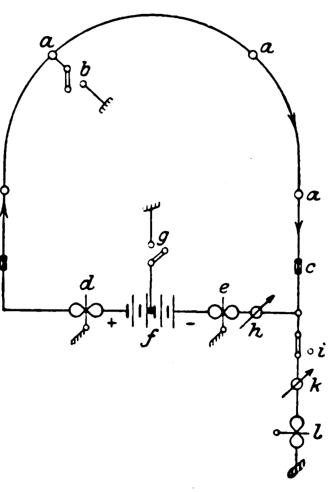


Abb. 5. Feuermeldeanlage.

Günthel[5]) hat für Aufzüge eine elektrische Anzeigevorrichtung entworfen, die an beliebiger Stelle, auch an mehreren Stellen, angebracht werden kann. An den Polen einer Stromquelle liegt ein Widerstand, von dem eine passende Spannung abgegriffen wird; in den abgezweigten Kreis fügt er einen Widerstand ein, der vom fahrenden Aufzug verstellt wird, so daß der Strom in diesem Kreis die Stelle anzeigt, an der sich der Fahrstuhl befindet. Eingeschaltete Strom- oder Spannungsmesser mit geeigneter Teilung dienen als Anzeigeinstrumente.

Die Rohrpostanlagen bedürfen für die Verständigung der Ämter mannigfacher Signaleinrichtungen, mit denen sich Schwaighofer[6]) befaßt: Meldung der Abfahrt und Ankunft der Züge, Weichenstellen, Zeitstempel, Zähleinrichtungen. Man benutzt als Signalmittel meist Glühlampen. Als Leitungen werden für den Meldedienst Faserstoff-Erdkabel verwandt, im Erdboden auch Okonit- und Gummikabel mit Bleimantel; für Weichenstellwerke mit Zeitstempel genügen Papierkabel mit einfachen Adern, während für etwaige Fernsprecheinrichtungen Papierkabel mit Doppelleitungen nötig sind. Die Leitungen können

für mehrere Zwecke gleichzeitig benutzt werden. Für den Schutz solcher Kabel, ihre Einführung, Verbindungen usw. gelten die Regeln des Leitungsbaus allgemein. Die oberirdischen Leitungen werden gleichfalls in üblicher Weise geführt und gesichert. Die Rohrpoststationen müssen untereinander durch Fernsprecher verbunden sein, um beim Versagen der Meldeeinrichtungen sich verständigen zu können; statt des Fernsprechers dient zuweilen der Morse-, der Klopfer- oder ein einfacher Wecker. Für den Zugmeldedienst benutzt man ein selbsttätiges Signalsystem mit farbigen Glühlampen; die Ankunftszeichen werden z. B. durch Kontakte veranlaßt, die der Luftstrom oder die Büchse im Fahrrohr an bestimmten Durchgangsstellen schließt, die Abgangszeichen durch Reibungskontakte beim Bewegen der Hähne. Die Signaleinrichtungen sind meist mit Patronenzählern verbunden, um den Verkehr statistisch zu überwachen. Anschließend an eine allgemeine Übersicht über die Anlage von Rohrposten gibt Schwaighofer zahlreiche Einzelheiten über die Anlage in München.

Die Hannoversche Maschinenbau-Akt.-Ges.[7]) hat eine Warnvorrichtung gegen Ölmangel ausgearbeitet, die am Hauptlager einer Dampfmaschine anzubringen ist und beim Aussetzen der Ölpumpe Licht- und Schallzeichen gibt. In einem kleinen, mit dem Ölbehälter verbundenen Gefäß befindet sich ein Schwimmer, der eine rote Lampe aufleuchten läßt, sobald er unter eine bestimmte Höhe im Gefäß sinkt; zugleich ertönt eine Hupe.

Klopsteg[8]) mißt kleine Zeiträume mit Hilfe eines Schwingungsgalvanometers von kurzer Periode, indem er während der zu messenden Zeit einen konstanten Strom durch das Galvanometer schickt und den Ausschlag mißt. Ist der zu bestimmende Zeitraum nicht größer als die halbe Periode des Galvanometers, so benutzt man geringe Dämpfung, für größere Zeiträume verwendet man aperiodische Dämpfung. Die Genauigkeit der Messung beträgt einige Zehntelprozent.

Ein von Coulson[9]) konstruierter Apparat, der Zeitintervalle von der Größenordnung einiger μs auf 1 bis 3% genau zu reproduzieren gestattet, beruht darauf, daß ein Stoß, der auf einen in ungleichen Abständen von den Enden eines Stabs angebrachten Bund ausgeübt wird, in einem bestimmten Zeitabstand an das nähere und entferntere Ende gelangt. In entsprechender Zeitfolge öffnen sich zwei dort angebrachte Kontakte, wodurch ein geladener Kondensator in an sich bekannter Weise entladen wird.

Elektrische Verfahren zur Bestimmung nicht elektrischer Größen. Burgess und Scott[10]) untersuchen reines Eisen (99,97%) auf thermoelektrischem Wege. In einem Ofen, der Temperaturen bis 1000° zu erzielen erlaubt, werden in einem ausgepumpten Rohr zwei Pt-(Pt-Rh-)Elemente aus Draht untergebracht, deren Lötstellen um 10 cm voneinander abstehen und durch das zu untersuchende Eisen in Form von 0,05 cm starkem Draht verbunden sind. Man mißt die Temperaturen auf die bekannte Weise und erhält so die Thermokraft Pt-Fe für Temperaturen bis 1000°, aber für Temperaturunterschiede von nur etwa 2° bis 3°. Die Messungen ergeben zwei Umwandlungspunkte bei 768° und 900° und deuten noch einen Unstetigkeitspunkt bei 880° an; von 0 bis 768° scheint keine Unstetigkeit im thermoelektrischen Verhalten vorzuliegen. Die Umwandlung bei 700°, die von der Gegenwart der Kohle herrührt, konnte bei diesem reinen Eisen, das nur 0,009% Kohle enthielt, nicht gefunden werden.

Benedicks[11]) bewegt einen Eisendraht, der auf allotropische Umwandlung untersucht werden soll, durch eine vom Strom erhitzte Spule der Achse entlang und beobachtet das Auftreten einer thermoelektrischen Kraft, die natürlich nur auftreten kann, wenn die Gleichartigkeit des Drahtes durch die Erhitzung gestört wird. Die thermoelektrische Wirkung kommt dadurch zustande, daß das sich erwärmende Eisen in einem anderen Zustande ist, als das sich abkühlende, also durch eine Art Hysterese. Die eine untersuchte Eisensorte enthielt 0,18% Verunreinigungen, die andere war Elektrolyteisen. Die thermoelektrische Hysterese zeigt eine Unstetigkeit bei 880°.

Das Strahlungspyrometer ist ein Rohr, das am unteren Ende einen Hohlspiegel enthält, der die auffallenden Strahlen im Brennpunkt sammelt; die hier vereinigte Energie ist zu messen. Burgess und Foote[12]) besprechen eingehend die bisher bekannt gewordenen Strahlenpyrometer und teilen eigene Erfahrungen mit.

Hauser[13]) gibt eine eingehende, mit zahlreichen Abbildungen ausgestattete Darstellung der gegenwärtig gebrauchten Temperaturschreiber und hebt deren große Bedeutung für den Fabrikbetrieb hervor.

Zur Bestimmung des Salzgehaltes von Seewasser benutzt man ein kleines Aräometer, das ganz untertaucht; hierzu wird es mit Gewichten belastet; dieser Apparat heißt Hydrometer. Ångström[14]) verwendet statt der Gewichte elektromagnetische Kraft, indem er in den Schwimmkörper ein Eisenstäbchen einfügt und das Gefäß, in dem sich das Wasser und der Schwimmkörper befinden, mit einer Stromspule umgibt; der Strom, bei dem der Schwimmkörper eine bestimmte Lage einnimmt, wird gemessen. Das Instrument wird mit bekannten Salzlösungen geeicht; die Genauigkeit ist 0,00004.

Die Schlachtfelder dieses Krieges bergen erhebliche Gefahren durch Artilleriegeschosse, die nicht explodiert sind, in sich. Um solche Geschosse aufzufinden, benutzt Gutton[15]) die Hughessche Induktionswage; sein Verfahren gestattet die Feststellung kleinkalibriger Granaten noch in etwa 40 cm Tiefe; eine ganze Granate ergibt einen anderen Ton wie ein Granatsplitter. Als Stromquelle dienen vier Trockenelemente. Der Apparat wird an einer Tragvorrichtung befestigt und über das zu untersuchende Feld getragen, wobei seine Spulen einige Zentimeter über dem Erdboden schweben; der Beobachter trägt ein Kopftelephon. 1 ha kann in 3 h abgesucht werden.

Im Bergbau ist es wegen der drohenden Gefahr wichtig, die Nähe von wasser- oder laugenhaltigen Schichten feststellen zu können. Schwarzenauer[16]) hat hierzu ein Verfahren unter Benutzung elektrischer Wellen angewandt, die von einer solchen Schicht reflektiert werden und stehende Wellen bilden. Indem man mit Wellen von bekannter Länge aus mehreren Abständen den Versuch wiederholt, kann man aus den ermittelten Orten der Bäuche und Knoten die Entfernung der reflektierenden Wand berechnen.

Zur Messung der verbrauchten Dampfmenge benutzt Metzdorff[17]) Widerstandsverzweigungen; einer dieser Widerstände wird durch die Vorgänge des Dampfstroms nicht beeinflußt, die andern aber werden durch den Unterschied des Druckes an verschiedenen Stellen des Dampfrohrs verändert, und zwar so, daß der im unveränderlichen Widerstand fließende und am Strommesser abzulesende Strom in bestimmter Beziehung zum Dampfdruck steht, z. B. proportional der Wurzel aus dem Druckunterschied ist. Man kann auf diese Weise alle die Messung beeinflussenden Umstände berücksichtigen. Die veränderbaren Widerstände werden dadurch erhalten, daß Widerstandsdrähte in das Quecksilber von Druckmessern eintauchen, die unter dem Einfluß des zu messenden Druckes stehen; das steigende und fallende Quecksilber schaltet Teile des Widerstandes ab und zu. Der Apparat zeigt schließlich am Strommesser die in der Zeiteinheit verbrauchte Dampfmenge, auch bei veränderlichem Druck und veränderlicher Temperatur, an.

Blindenschrift. Korn[18]) berichtet über die Vorschläge, Blinden die Schrift durch Töne zu vermitteln. Fournier d'Albe tastet die Schrift mit acht Selenzellen ab, die in einer Linie die Zeilenhöhe gleichmäßig erfüllen; von der hell erleuchteten Schrift entwirft man ein reelles Bild, über das die acht Tastzellen geführt werden. Bei Verdunkelung einer der acht Zellen wird im Telephon ein bestimmter Ton erzeugt, für jede Zelle ein anderer, so daß jedem Buchstaben ein bestimmtes Tonbild entspricht. Es ist erst mit einer einzigen, statt mit acht Zellen ein Vorversuch angestellt worden, der die Ausführbarkeit des Verfahrens zeigte. Brown in Iowa City soll den Apparat verwirklicht haben, indem er zehn kleine Zellen verwandte. Korn warnt vor zu früher Hoffnung und zu großer Erwartung; die Schwierigkeit, die in dem hohen Widerstand

der Selenzelle liegt, sei sehr groß. Mit 100 V und guten Zellen erhielt Korn Stromunterschiede von 10^{-4} A; bei der feinen Unterteilung des Fournier d'Albeschen Apparates wird man höchstens auf Stromunterschiede rechnen können, die nach 10^{-6} A zählen. Mit einem Telephonrelais kann man diesen Stromunterschied in Ton umsetzen, so daß also ein Erfolg nicht ausgeschlossen ist; doch würde der Apparat noch sehr kostspielig sein.

Die jetzt übliche Blindenschrift erfordert unverhältnismäßig viel Raum. M. Herz[19]) schlägt einen Apparat vor, bei dem die Lautzeichen sehr klein auf eine Wachswalze geschrieben und dann hiervon als Töne abgenommen werden. Um die Lautzeichen auf die Wachswalze oder -scheibe zu bringen, werden drei Morsetaster und zwei Wecker mit Selbstunterbrechung, doch ohne Glocke benutzt, die in der Schwingungszahl verschieden sind. Dazu kommen zwei Dosen, die durch eine gemeinsame Schlauchleitung mit dem Schreibstift des Phonographen verbunden sind. Drückt man auf die Taste I, so trommelt der Klöppel des Weckers I auf die Dose I, und der Stift des Phonographen gräbt die erzeugten Schwingungen in die Walze. Das gleichartige geschieht beim Druck auf Taste II, die eingegrabenen Zeichen entsprechen der anderen Schwingungszahl des Weckers II. Die Taste III verstärkt den Ton durch Ausschaltung eines Widerstandes. Man hat nun sechs Schriftelemente: lange und kurze, hohe und tiefe, schwache und starke Töne. Auf einem Quartblatt läßt sich der Inhalt eines ganzen Druckbogens unterbringen. Der Erfinder erhofft von seinem Verfahren gute Erfolge für die Büchereien, die dann nur noch wenig Raum beanspruchen und geringe Kosten verursachen werden.

Thierbach[20]) will die Blindenschrift mit den Mitteln der Maschinentelegraphie hervorbringen; er stanzt die zu übermittelnden Buchstaben in ein Papierband und läßt mit dessen Hilfe eine Anzahl Stifte, z. B. 6 in der Anordnung ⠿, die unter dem ruhenden Finger des Blinden liegen, sich in verschiedenen Zusammenstellungen heben und senken. Der Blinde erhält auf diese Weise denselben Eindruck, wie bei der jetzigen Punktschrift; ein Schriftstück in dieser Schrift nimmt aber nur wesentlich geringeren Raum ein als bei dem bisherigen Verfahren. Thierbach schlägt weiter vor, nicht nur einen Finger, sondern mehrere zum Empfang zu benutzen, und statt des elektrischen Stromes Druckluft zu verwenden. Der Vorschlag, mehrere oder alle Finger zu benutzen, erinnert an den Telegraphen von Vorsselmann de Heer (1839.)

[1]) H. R. Gilson, ETZ 1916, S 108. — [2]) R. G. Skerret (O. Fricke), El. Masch.-Bau 1916, S 242. — [3]) ETZ 1916, S 473. — [4]) H. Platt, ETZ 1916, S 611. — [5]) Günthel, Helios Exportz. 1916, S 476. — [6]) Schwaighofer, Helios Fachz. 1916, S 385. — [7]) ETZ 1916, S 529. — [8]) Paul E. Klopsteg, Phys. Rev. Bd 8, S 195. — [9]) J. Coulson, Phys. Rev. Bd 4, S 40. — [10]) G. K. Burgess u. H. Scott, Engineering Bd 102, S 391. — [11]) C. Benedicks, Stahl u. Eisen 1916, S 1068. — [12]) G. K. Burgess u. P. D. Foote, Stahl u. Eisen 1916, S 1067; nach Scient. Paper Nr 250, Am. Stand. 1915. — [13]) O. Hauser, Z. Ver. D. Ing. 1916, S 546. — [14]) A. Angström, Z. Instrk. 1916, S 72. — [15]) El. Anz. 1916, S 31. — [16]) W. Schwarzenauer, ETZ 1916, S 109. — [17]) Helios Exportz. 1916, S 49. — [18]) A. Korn, ETZ 1916, S 232. — E. F. Fournier d'Albe u. E. C. Brown, El. Masch.-Bau 1916, S 469. — E. C. Brown, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. Jg 5, S 39. — [19]) M. Herz, El. Masch.-Bau 1916, S 332. — [20]) Thierbach, ETZ 1916, S 333. — El. Masch.-Bau 1916, S 469.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

XIII. Meßkunde.

Einheiten, Normalmaße. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe. — Elektrische Meßinstrumente für Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe. — Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler. Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger, Nürnberg. — Elektrische Messungen und Meßverfahren, Hilfsmittel für Messungen. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe.

Einheiten und Normalmaße.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

Eine Veröffentlichung des Bur. of Stand.[1]), Wash., behandelt ausführlich die verschiedenen Systeme von Einheiten elektrischer und magnetischer Größen, die historische Entwicklung der gesetzlichen Einheiten und Normale und die jetzigen Festlegungen, Formen und Ausführungsbestimmungen für die wichtigsten elektrischen und magnetischen Größen und ihre Reproduktion. Im Anhang sind die Umrechnungsfaktoren für die internationalen und abs. elektromagnetischen sowie die anderen bisher in den verschiedenen Ländern verwandten Einheiten, außerdem die gesetzlichen Bestimmungen und Ergänzungen zu diesen in den Ver. Staaten, Großbritannien, Kanada, Deutsches Reich, Österreich, Frankreich, Schweiz und die wichtigsten Veröffentlichungen zusammengestellt.

Eine Ergänzung zu dieser zusammenfassenden objektiven Darstellung bietet eine ebenfalls aus dem Bur. of Stand. hervorgegangene Schrift Dellingers[2]), in der ein von ihm als internationales System bezeichnetes, auf Ω, A, cm und s als fundamentale Einheiten gegründetes System elektrischer und magnetischer Einheiten und die verschiedenen Vorschläge zur Rationalisierung der Einheiten, d. h. zur Beseitigung des Faktors 4π in den praktisch wichtigsten Formeln, kritisch untersucht werden. In dem genannten »internationalen System« erscheinen für einige Größen, z. B. die EMK, die Dimensionsformeln in gleicher Form wie die definierenden Formeln, für andere wenigstens in naher, leicht zu übersehender Beziehung, wie dies auch im cgs-System für die mechanischen Einheiten der Fall ist. Andererseits gibt dieses System für mechanische Größen so unangenehme Dimensionsformeln wie das absolute elektromagnetische Maßsystem für elektrische Größen und ist deshalb lediglich zu empfehlen als praktisches Hilfsmittel für die Behandlung elektrischer Aufgaben. Bei der Behandlung der Rationalisierung der Einheiten weist der Verfasser nach, daß die mit verschiedenen Vorschlägen, auch dem Ascolischen[3]), erstrebte Vereinfachung der definierenden Formeln illusorisch ist, daß dagegen die großen Vorzüge des Heavisideschen Systems ohne die damit verbundene Umwälzung durch ein System erzielt werden, das auf Ampere-Windungs- und hiervon abgeleitete Einheiten gegründet ist. Tatsächlich sind zwei Gruppen ma-

gnetischer Einheiten im Gebrauch, die sich beide aus den internationalen elektrischen Einheiten unter Beibehaltung des Wertes 1 für μ im leeren Raum ableiten lassen. Sie gehen von der MMK aus, die im einen System gleich dem $0{,}4\pi$-fachen der Ampere-Windungen gesetzt und als Gilbert bezeichnet, im andern unmittelbar den Ampere-Windungen gleichgesetzt wird. In dem letzteren System ergibt sich nun, daß der Faktor $0{,}4\,\pi$, der in diesem übrigens nur mit dem Faktor μ oder $\varkappa$ auftritt, in den praktisch wichtigsten Gleichungen verschwindet, die ihn im üblichen System enthalten. Hierbei entsteht zugleich größere formale Übereinstimmung der magnetischen mit den analogen elektrischen Beziehungen; numerische Gleichheit tritt ein für physikalisch gleiche Größen, und sie verschwindet für physikalisch ungleiche Größen, während im elektromagnetischen Maßsystem z. B. die Gleichheit von $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ im leren Raum zu einer Quelle von Verwirrungen geworden ist. Die Bezeichnung »Gauß« als Einheit empfiehlt Dellinger wie auch die vorstehende Veröffentlichung des Bur. of. Stand. ganz fallen zu lassen, weil sie sowohl für magnetische Feldstärke wie für magnetische Induktion vorgeschlagen wurde. Ebenso fehlt das »Weber« in den amerikanischen Zusammenstellungen.

Der Volumeffekt im Silbervoltameter war Gegenstand weiterer Untersuchungen und Diskussionen. Durch eine statistische Zusammenstellung von Versuchsserien suchen Rosa und Vinal[4]) nachzuweisen, daß bei käuflichen Elektrolyten der Niederschlag im großen Voltametergefäß tatsächlich größer ausfällt als im kleinen, einerlei, ob Gefäß mit oder ohne Tonzelle verwendet wird. Die Verfasser suchen für diesen Effekt auch eine theoretische Erklärung zu geben. Weitere Versuche von Vinal und Bovard[5]) ergaben, daß in den Fällen, wo der Volumeffekt auftritt, ein starkes Glühen des Niederschlags ohne Einfluß ist, wenn der Tiegel vorher blank gemacht war. Beim Glühen bildet sich jedoch eine Silber-Platinlegierung, von der nach dem Auflösen des Silbers ein Platinschwarzbelag zurückbleibt, der beim nächsten Versuch ernstliche Fehler verursachen kann.

[1]) Bureau of Standard. Circular Nr 60, 1916. — [2]) J. H. Dellinger, Bull. Bur. Stand. Bd 13, S 599. — [3]) M. Ascoli, Elettrotecnica Bd 2, S 731. — El. World Bd 67, S 876. — [4]) E. B. Rosa u. G. W. Vinal, Bull. Bur. Stand. Bd 13, S 447. — [5]) G. W. Vinal u. W. M. Bovard, Bull. Bur. Standards Bd 13, S 147.

Elektrische Meßinstrumente für Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

Vergleich englischer und deutscher Instrumente. Den englischen Wunsch, für den späteren Konkurrenzkampf mit der deutschen Industrie auch auf dem Gebiet der elektrischen Meßinstrumente besser als vor dem Krieg gerüstet zu sein, lassen einige Veröffentlichungen erkennen.

Ein mit vielen Abbildungen englischer Meßinstrumente ausgestattetes Referat von Drysdale[1]) über die Geschichte und den Fortschritt des Baues elektrischer Instrumente ist bemerkenswert durch die einseitig hohe Einschätzung der englischen Errungenschaften, z. B. der als Meßinstrumente in Deutschland längst verworfenen Kelvinschen Stromwagen, und durch das Eingeständnis des deutschen Vorsprungs in der Erzeugung der für den Instrumentenbau wichtigen Materialien jeder Art.

Temperaturkoeffizient von Meßinstrumenten. Rennie[2]) stellt tabellarisch und graphisch den Temperaturkoeffizienten von Voltmetern dar, der entsteht, wenn Legierungen von verschieden großem Temperaturkoeffizienten in verschiedem großem Verhältnis mit Kupfer zusammengesetzt werden. Der aus

anderen Quellen als dem des Leitungs- und Widerstandsmaterials herrührende Temperaturkoeffizient wird dabei nicht berücksichtigt.

Elektrodynamische Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser. Verbesserungen an den Stromwagen, die dem B. O. T. Electrical Standards Laboratory als Ur- und Gebrauchsnormal für das Ampere dienen, sind von Trotter[3]) beschrieben worden.

Grover[4]) führte seine in JB 1915, S 191 erwähnten Rechnungen über die günstigste Dimensionierung der Stromwage weiter aus, indem er nach verschiedenen Theorien Formeln für die Maximalkraft zwischen zwei koaxialen Kreisspulen aufstellte.

Ein von Drysdale[5]) angegebenes Torsions-Elektrodynamometer zeigt mehrere bemerkenswerte Besonderheiten der Konstruktion. Die Drehsysteme bestehen aus je 2 rechteckigen, auf einer Glimmerscheibe beiderseits der Drehachsen aufgebrachten und zur Astasierung entgegengesetzt bewickelten Flachspulen. Sie sind an ihrem äußeren Teil von flachen Stromwicklungen eng umschlossen. Durch gekreuzte Anordnung der beiden Meßsysteme wird eine Einwirkung des einen auf das andere bis auf $1^0/_{00}$ vermieden. Die Stromspulen enthalten zehn miteinander gewickelte Spulen, die durch einen Kommutator alle in Reihe, parallel oder in 2 oder 5 Parallelgruppen in Reihe geschaltet werden können. Der durchschnittliche Widerstand von einem der 10 Stromzweige, von dem ca. $^9/_{10}$ auf Kommutator und Zuleitungen zu diesem entfallen, beträgt ca. 0,023 und 0,0028 Ω für ein Instrument mit 5 bzw. 25 A maximale Stromstärke bei Reihenschaltung. Der maximale Spannungsstrom beträgt 20 mA, die Induktivität des Drehspulensystems 1,9 mH. Die Einstellung erfolgt erst nach fünf Schwingungen von 6 bis 7 s Schwingungsdauer. Ein entsprechendes Instrument, das für 100 bis 1000 A Maximalstrom für ein System bestimmt ist, soll eine aus zwei Halbkreisen gebildete Anordnung der festen und beweglichen Spulen erhalten, die der Anordnung der Binantenelektrometer analog ist. Während für die Umschaltung der erstgenannten Instrumente Walzenkommutatoren ausreichen, wird für das letztere eine neuartige Konstruktion vorgesehen. Bei dieser stehen die Bürsten in zwei Reihen übereinander und werden durch Federkraft aufeinander gedrückt, so daß Reihenschaltung aller zehn Wicklungen eintritt. Durch eine Nockenwalze werden die Bürsten zur Herstellung der genannten Parallelgruppen auseinander- und an je eine darüber und darunter befindliche Sammelschiene angedrückt. Von den bekannten Ausschlagsinstrumenten für Drehstromleistungsmessung hat das Torsionsinstrument den prinzipiellen Vorteil, daß die Wechselwirkung zwischen Feld- und Drehspule der beiden Meßsysteme wegen der ungeänderten Lage des Drehsystems für den ganzen Meßbereich kompensiert werden kann. Drysdale entwickelt eine Theorie der von ihm Weston zugeschriebenen, tatsächlich aber zuerst von A. Franke für diesen Zweck angegebenen Methode, die darin besteht, daß vor der Verzweigung der Spannungszweige an der keine Stromspule enthaltenden Phase ein gewisser gemeinsamer Widerstand vorgeschaltet wird. — Von den mannigfachen übrigen Anwendungen des Instruments sei besonders hervorgehoben die direkte Messung des Verlustes in Transformatoren u. dgl., die durch Gegenschaltung der die Leistungsaufnahme und -abgabe messenden Systeme ermöglicht wird.

Die Firma Dr. Th. Horn[6]) vereinigt drei Eisenschlußdynamometer zu einem Drehstromleistungsmesser in der Weise, daß die drei Drehspulen exzentrisch um 120° gegeneinander versetzt um eine gemeinsame kurze Drehachse angeordnet sind. Die Außenseiten der Rahmen spielen im Luftspalt je eines magnetischen Kreises, der durch eine an den Enden des Luftspalts durchdringende Stromspule magnetisiert wird.

Leistungsmessung. Von Lee[7]) wird der bekannte Satz abgeleitet, daß die Leistung eines n-Phasensystems durch die Summe der Angaben von n Wattmetern gemessen werden kann, deren Spannungsspulen auf einem ganz beliebigen Potential vereinigt sind. Nicht ganz geläufig ist höchstens der Hinweis,

daß die Schaltung mit $n - 1$ Wattmetern, deren Spannungsspulen an eine Phase geführt sind, in der keine Stromspule liegt, als Sonderfall der vorigen allgemeinen Schaltung aufgefaßt werden kann, da ein in letzterer Phase eingeschaltetes Wattmeter keine Leistung anzeigt.

Phasenmessung. Brückmann[8]) weist unter Erläuterung mehrerer Anwendungsfälle auf die Nützlichkeit eines Instrumentes hin, das die Phasenverschiebung von Strom- oder Spannungsvektoren gegeneinander innerhalb eines Wechselstromsystems, womöglich nach Art einer Kompaßnadel anzeigen würde. Eindeutig würde dies von einem elektrodynamischen Meßinstrument mit zwei festen oder beweglichen Systemen geleistet, die senkrecht zueinander stehen und von gleichen, um 90^0 phasenverschobenen Strömen durchflossen werden. In der Annahme, daß ein solches Instrument bisher nur in dem Synchroskop der Weston Co. vorgebildet sei, irrt wohl der Verfasser, da Phasenmesser dieser Art schon lange bekannt sind. Vorschläge für die praktische Ausgestaltung des von ihm gedachten, als „Polprüfer für Wechselströme" bezeichneten Instruments werden nicht gemacht. Es würde wohl, um allgemein und unabhängig von der Periodenzahl verwendbar zu sein, einen Zusatzapparat, z. B. einen kleinen Synchronmotor mit Zweiphasendynamo, erfordern.

Ein von Beckmann[9]) angegebener Phasenmesser beruht auf folgender Grundlage. Innerhalb eines mit Drehstromwicklung versehenen Eisenringes ist die vom zu untersuchenden Strom durchflossene Spule angebracht. Ihr parallel zur Rotationsachse des Drehfeldes gerichtetes Wechselfeld erzeugt mit ersterem ein Drehfeld, dessen Rotationsachse nach Maßgabe der Phase in einem bestimmten Meridian und nach Maßgabe der Stromstärke um einen gewissen Winkel abgelenkt ist. Ist im Zentrum eine nach allen Richtungen bewegliche rotierende Scheibe gelagert, so stellt sich ein senkrecht auf ihrer Ebene angebrachter Zeiger in die Richtung der resultierenden Rotationsachse ein und gibt auf einer mit Meridianen und Parallelkreisen versehenen Glasskala den Phasenwinkel bzw. bei konstanter, das Drehfeld erzeugender Netzspannung die Stromstärke an.

Frequenzmesser. Eine Übersicht über die Prinzipien der bisher bekannt gewordenen elektrischen Zeigerfrequenzmesser gibt Keinath[10]) in einem interessanten Aufsatz, in dem die Theorie des schon angekündigten (JB 1915, S 179) neuen Zeigerfrequenzmessers von S & H mitgeteilt wird. Die feste Feldspule des in der Form der neuen Eisenschlußwattmeter gebauten Instruments liegt in einem auf die mittlere Frequenz des Meßbereichs abgestimmten Kondensatorkreis. Das Drehsystem enthält zwei auf den gleichen Rahmen gewickelte Spulen, von denen die eine unter Vorschaltung eines Kondensators, die andere durch Widerstand und Induktivität an die Spannung angeschlossen ist. Letztere erzeugt allein die Richtkraft, indem die Zuleitungen praktisch keine Direktionskraft besitzen. Bei geeigneter elektromagnetischer Bemessung entsteht ein der Abweichung von der Normalfrequenz ungefähr proportionaler Ausschlag. Abhängigkeit von Kurvenform und Temperatur ist nicht vorhanden. Eine Spannungsänderung von $\pm 20\%$ gibt nur einen Fehler von $1/4\%$. Die Genauigkeit wächst mit Verringerung des gewählten Frequenzbereichs. Z. B. sind Registrierinstrumente für nur 48 bis 52 Per/s hergestellt worden. Das Instrument kann für sehr hohe Frequenzen geliefert werden.

Ein von Peukert[11]) angegegebener Frequenzmesser besteht aus einem Voltmeter, dem eine aus Eisendraht gewickelte Spule nebengeschaltet, und einem Nernstschen Eisenwiderstand, der beiden zur Konstanthaltung der Stromstärke bei veränderlicher Spannung vorgeschaltet ist. Da die Impedanz der Eisendrahtspule nur von der Frequenz des durchgehenden Wechselstroms abhängt, kann das Voltmeter als Frequenzmesser geeicht werden. Für die praktische Ausführbarkeit ist der ziemlich starke Strom von etwa 1 A in der Spule erforderlich. In dieser Hinsicht günstiger ist ein von Sahulka[12]) angegebenes, allerdings nicht unmittelbar anzeigendes Meßgerät. Dieses besteht aus einem ohne weiteres zur Spannungsmessung dienenden Hitzdrahtvoltmeter, dem zum

Zweck der Frequenzmessung eine Induktanz — z. B. Kapazität mit vorgeschaltetem Hitzdrahtwiderstand — nebengeschlossen ist, und einem Umschalter, der den Vorschaltwiderstand des Hitzdrahtinstruments mit dem Kondensator zu vertauschen gestattet. Mittels eines dieser Verzweigung vorschaltbaren Regulierwiderstandes wird zunächst das Voltmeter auf eine bestimmte Normalspannung eingestellt und dann die genannte Umschaltung vorgenommen. Da sich hierbei die Spannung an der Verzweigung nicht ändert, der Strom im Hitzdrahtinstrument aber nun von der Frequenz abhängt, kann dies an einer zweiten Skala des Instruments abgelesen werden. Wenn auf der Skala eine gewisse Kurvenschar aufgezeichnet ist, kann man die Frequenz auch ohne Einstellung einer Normalspannung bestimmen, indem man die Kurven der Periodenzahlen auf ihrem Schnittpunkt mit Kreisbögen abliest, die zu der jeweiligen Betriebsspannung gehören.

Ein neuer der AEG[13]) patentierter Frequenzmesser wird durch Vereinigung eines elektromagnetischen und eines auf Induktionswirkung beruhenden Systems gebildet. Ersteres zeigt die bekannte Form, letzteres besteht aus einem beweglichen Eisenkern, der einem von Wirbelströmen durchflossenen Kupferstück gegenübersteht und ein von der Frequenz abhängiges Drehmoment erfährt.

Resonanzinstrumente. Bei einer theoretischen Behandlung der günstigsten Schaltung des Vibrationsgalvanometers kommt Jaeger[14]) gegenüber andern Autoren (JB 1915, S 182) zu dem Resultat, daß beim Nadelgalvanometer der Spulenwiderstand zwar gleich dem äußeren Scheinwiderstand, beim Drehspulengalvanometer aber die Spulenreaktanz gegen diesen klein und zugleich der Scheinwiderstand des Stromkreises gleich dem aperiodischen Grenzwiderstand des Galvanometers sein soll.

Das Saitengalvanometer ist von Crehore[15]) zum Gegenstand eingehender theoretischer Untersuchung gemacht worden. Im homogenen Feld bildet die Saite einen Kreisbogen, der auch als Schwingungsform bei sinusförmiger EMK bestehen bleibt, wenn deren Frequenz klein gegenüber der Eigenfrequenz der Saite und die Luftdämpfung und elektromagnetische Dämpfung der Saite nicht zu groß. Die zahlreichen Ergebnisse der Theorie in bezug auf die bei wachsender Periodenzahl der EMK eintretenden Schwingungsformen, der Einfluß verschieden großer Saitenspannung und die günstige Wirkung einer nach der Mitte zunehmenden Feldstärke bedürfen wohl, sofern sie in praktisch verwendeten Saitengalvanometern überhaupt realisierbar sind, noch der experimentellen Nachprüfung.

Oszillographen. Harmonische Analyse. Einen wertvollen Beitrag zur harmonischen Analyse von Wechselstromkurven u. dgl. liefert Ondracek[16]), indem er die zu analysierende Kurve durch eine Kurve von sich genügend eng anschmiegenden Tangenten ersetzt. Von selbst werden hierbei die Koeffizienten der Fourierschen Reihe durch eine möglichst kleine Zahl von Bestimmungsstücken mit großer Genauigkeit, besonders in bezug auf die Grundharmonische bestimmt. Die einfache und übersichtliche Berechnung erfolgt unter Umgehung von Integrationen. Besonders bewährt sich das Verfahren für trapezförmige und staffelförmige Kurven.

Taylor[17]) zeigt, wie die Summenglieder, aus denen die Koeffizienten der Fourierschen Reihe bestehen, nach einem leicht zu merkenden Schema in einer Form zusammengestellt werden können, die nur Sinusse von 0^0 bis 90^0 und nach einfacher Regel aus einer in bestimmter Weise geordneten Tabelle von Summen und Differenzen der berücksichtigten Ordinaten entnommene Faktoren enthalten.

Das übliche Verfahren der harmonischen Analyse bildet auch die Grundlage eines von Lübcke[18]) angegebenen Apparats, der die Koeffizienten Fourierscher Reihen durch Nachfahren der Ordinaten in Abständen, die der Zahl der zu ermittelnden Harmonischen entsprechen, unter Addition der Summenglieder mittels eines Zählwerks ergibt. Mit dem gleichen Apparat können auch durch Fouriersche Reihen gegebene Kurven dargestellt werden.

Nach dem Vorgang von S & H verwendet nun auch die Cambr. Scient. Instr. Co.[19]) in geeigneten Fällen Oszillographensysteme von Drehspulform. Ein so ausgestalteter Oszillograph ist z. B. bei einer Apparatur zur direkten Messung von 100 kV benutzt, die im übrigen keine prinzipiellen Neuerungen gegen die bekannte Hochspannungsausrüstung der von dieser Firma angefertigten Oszillographen zeigt.

Ein von Crane und Dawes[20]) angegebener Oszillograph für Demonstrationszwecke ist derart konstruiert, daß die Einzelapparate an je einem besonderen Stativ befestigt und offen aufgebaut werden können. Bei der Konstruktion des Oszillographensystems wurde zugunsten der Einfachheit und Lichtstärke auf Öldämpfung verzichtet. Durch Synchronmotor mit gezahntem Eisenanker wird eine oktogonale Spiegelanordnung angetrieben, die besser als der einwandfreie Schwenkspiegel an einem leichten Stativ befestigt werden kann.

Eine Untersuchung von G. W. O. Howe[21]) über den Einfluß von Eigenfrequenz und Dämpfung des Spiegeloszillographen auf Amplitude und Phasenverschiebung der aufzuzeichnenden Harmonischen konnte gegenüber der vorjährigen Behandlung durch Keinath nichts Neues mehr bringen. Einen guten Überblick über die Verhältnisse geben zwei Tabellen für den aperiodischen Grenzfall und den Fall halb so großer Dämpfung, aus denen die folgenden Daten entnommen sind.

Die erste Reihe enthält das Verhältnis der Frequenz des darzustellenden Wechselstroms zur Systemfrequenz, die zweite das Verhältnis der dargestellten Amplitude dieses Wechselstroms zu der bei Gleichstrom, die dritte die Phasennacheilung des dargestellten gegen die des darzustellenden Wechselstroms in Grad:

Kritische Dämpfung			Halbkritische Dämpfung		
2	0,2	127	2	0,277	146,33
1	0,5	90	1	1,000	90
0,1	0,99	11,4	0,1	1,004	5,76
0,01	0,9999	1,15	0,01	1,00005	0,57

Zum Ausziehen der Kurven bei der Braunschen Röhre gibt v. Breßler[22]) eine mit Synchronmotor betriebene Schleifdrahtanordnung an, die im wesentlichen auf die bekannte Zenneck sche Anordnung hinauskommt.

Elektrometer. Lutz[23]) beschreibt ein von Edelmann zur Ausführung übernommenes „Saitenelektroskop", das an Einfachheit der Handhabung den Blättchenelektrometern nicht nachsteht, dafür aber alle Vorzüge der Saiteninstrumente besitzt. Es wird in der Regel in Doppelschaltung verwendet und kann durch die Saitenspannung für eine obere Meßbereichsgrenze von etwa 100 bis etwa 1000 V eingestellt werden.

Bei einer von Wolcott[24]) angegebenen Ausbildung des Kelvinschen Schutzringelektrometers mit Federwage wird die Federspannung auf eine mikroskopisch beobachtete Marke eingestellt, indem unter der Wirkung der zu messenden Spannung der Abstand der unteren festen Platte reguliert wird. Die gleiche Federspannung wird durch ein auf die bewegliche Platte stoßfrei aufzusetzendes Gewichtsstück hergestellt. Dann ergibt sich die Spannung mit einer Genauigkeit von 1‰ aus Gewicht, Plattenfläche und Plattenabstand oder durch direkte Ablesung einer mit der Einstellvorrichtung der festen Platte verbundenen Skala.

Scheitelwert. Der für die Prüfung von Hochspannungsapparaten wichtigen Messung der Scheitelspannung oder des Scheitelfaktors einer Spannungskurve wurde während der letzten Jahre besonders in Amerika viele Beachtung geschenkt. Um das Nachregulieren der für diesen Zweck bisher verwendeten Meßfunkenstrecke zu umgehen, wird eine große Zahl von solchen auf zunehmenden Abstand eingestellt und, mit je einer nach dem Fritterprinzip wirkenden Anzeigevorrichtung versehen, einander parallel geschaltet[25]). Das praktische

Bedürfnis führte jedoch zu einer Reihe von Apparaten, die nach vorausgegangener Kalibrierung den Scheitelwert auf einer Skala anzeigen sollen.

Ein solcher von Chubb[26]) angegebener Scheitelspannungsmesser (Crestvoltmeter) beruht auf einem zuerst 1914 von Chubb und Fortescue angewandten Verfahren. Nach diesem wird durch einen Gleichrichter nur die eine Halbwelle des Ladestroms eines an die Hochspannungsklemmen angeschlossenen Kondensators durch ein vorgeschaltetes Galvanometer integriert. An Stelle des früher hierzu verwendeten rotierenden Gleichrichters und des von Whitehead und Gorton verwendeten Quecksilberdampf-Gleichrichters benutzt Chubbs nunmehr zwei Glühkathoden-Ventilröhren. Abgesehen von der Abhängigkeit der Instrumentangaben von der Frequenz ist allerdings die Meinung Chubbs, daß der vom Instrument angegebene Mittelwert der einen Halbwelle des Kondensatorstroms ein Maß für die Scheitelspannung nach Kalibrierung mit einer Sinusspannung von gleichem Effektwert darstellt, irrig. Trotzdem läßt sich, wie Versuche von Work[27]) ergeben, bei wenig verzerrten Spannungskurven der Scheitelfaktor auf einige Prozent genau bestimmen. Prinzipiell einwandfrei ist dagegen das dem Scheitelspannungsmesser von Sharp und Doyle[28]) zugrunde liegende Verfahren. Durch ein Glühkathodenventil, und zwar das Langmuirsche Kenotron wird ein elektrostatisches Voltmeter geladen. Dieses nimmt dabei die Maximalspannung an, wenn auch nicht bei der ersten Periode, so doch im Verlauf einiger Perioden durch allmähliche Aufladung. Kann auch bei dieser Einrichtung eine vorübergehende Schwingung nicht einen Ausschlag auf den dabei erreichten Höchstwert bewirken, so zeigt das Instrument doch eine stationäre Scheitelspannung unabhängig von Frequenz und Kurvenform an.

Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen wird festgestellt, daß der Apparat nicht — ev. mittels Kondensatorspannungsteiler — an die Hochspannungsklemmen selbst angelegt werden muß, sondern daß die Scheitelspannung praktisch ebenso genau an einer tertiären Spule des Prüftransformators gemessen wird, die nach den weiter unten genannten Grundsätzen mit der Sekundärspule verkettet oder einigen ihrer in der Mitte liegenden Windungen entnommen ist.

Wohl das einfachste Mittel zur Messung von Scheitelspannungen bietet der Oszillograph, wenn man das schwingende Lichtband unmittelbar auf eine mit Skala versehene feststehende Mattscheibe fallen läßt. Ein solches „Oszilloskop" wurde von Estorff[29]) auf Vorschlag von Gerstmeyer verwendet und zum gleichen Zweck von Middleton[25]) empfohlen.

Wegen des auch bei Anschluß an einen Spannungstransformator oder an die erwähnte Tertiärspule zu hohen Stromverbrauchs des normalen Oszillographen konstruierte Dawes[25]) einen elektrostatischen Oszillographen, bei dem eine Saite zwischen zwei Platten steht, von denen eine mit der Saite und einer Transformatorklemme verbunden, die andere an die andere Klemme oder an einen Kondensatorspannungsteiler angeschlossen ist. Ein in der Mitte befestigter Spiegel dreht sich um einen Seidenfaden, der unmittelbar neben der Saite so straff als möglich gespannt ist.

Selbstverständlich kann keiner dieser Spiegeloszillographen vorübergehende Hochfrequenzschwingungen anzeigen. Die einzige Möglichkeit zur Aufnahme letzterer wird von Peaslee[25]) in der weiteren Ausbildung der Braunschen Röhre mit Kondensatorplatten erblickt, wobei aber noch das Problem zu lösen wäre, wie bei der geringen Lichtstärke der äußersten Schwingungsspitze die Beobachtung oder photographische Darstellung gesichert werden könnte.

Das Auftreten der Korona an einem stabförmigen Leiter und die Abhängigkeit der dazu erforderlichen kritischen Feldstärke an der Leiteroberfläche vom Luftdruck wurde von Whitehead und Pullen[30]) zur Grundlage eines als Koronavoltmeter bezeichneten Apparates zur Messung des Scheitelwerts von Wechselstromspannungen gemacht. Der die Innenelektrode bildende, von einer konzentrischen zylindrischen Außenelektrode umgebene Draht oder Stab ist durch Glasplatten durchgeführt, die einen luftdichten zylindrischen Behälter

abschließen. Durch eine Automobilhandpumpe kann der Unter- oder Überdruck hergestellt werden, bei dem gerade die Glimmlichterscheinung auftritt. Erkannt wird der kritische Moment an dem Ausschlag eines Spiegelgalvanometers oder Blättchenelektrometers, mittels eines Telephons, das an ein im Behälter angebrachtes Mikrophon angeschlossen ist, oder durch direkte Beobachtung. Alle diese Beobachtungsmittel ergeben befriedigende Übereinstimmung. Das Galvanometer wird hierbei mit Hilfsspannung an die durchlochte Außenelektrode und einen sie umschließenden isolierten Zylinder angeschlossen, das einseits geerdete Elektrometer an eine isolierte Scheibe, die einer Öffnung der Außenelektrode gegenübersteht. Die Außenelektrode ist mit dem geerdeten Behälter verbunden. Nach früheren Untersuchungen Whiteheads läßt sich die kritische Feldstärke an der Oberfläche der Innenelektrode in Abhängigkeit von dem in mm Quecksilbersäule gemessenen Luftdruck p und der absoluten Temperatur T berechnen aus: $32\,(\delta + 0{,}665\,\sqrt{\delta})$, wo $\delta = 3{,}92 \cdot p/T$. Die hieraus zu berechnende Scheitelspannung ergab sich innerhalb 2% in Übereinstimmung mit der aus dem Übersetzungsverhältnis des Hochspannungstransformators und dem Scheitelfaktor berechneten. Nach den an zwei Modellen gemachten Erfahrungen beansprucht ein Apparat für den Meßbereich 40 bis 100 kV etwa 2 m Länge und 0,511 m Durchmesser.

Hochfrequenz-Meßinstrumente. Nachdem die technische Ausgestaltung des Induktionsdynamometers nach Papalexi für Hochfrequenzströme an konstruktiven Schwierigkeiten gescheitert war, wurde nach Keinath[31]) von S & H ein Hitzdrahtinstrument mit Nebenschluß ausgebildet. Bei diesem ist das Problem der von der Frequenz unabhängigen Stromverteilung in der an sich bekannten Weise dadurch gelöst, daß die Induktivitäten des Hitzdrahtes und des Nebenschlusses in das gleiche Verhältnis wie deren Widerstände gebracht sind. Da die Induktanz der Zweige für die kleinste Frequenz größer, z. B. fünfmal so groß als der Widerstand gewählt wird, ist das Stromverhältnis bei höheren Frequenzen um so mehr wesentlich von den Induktivitäten abhängig. Induktivität und Widerstand des Nebenschlusses sind bei allen Meßbereichen in einem Element vereinigt, das bei den kleinsten eine zylindrische Spirale, bis 30 A eine Schleife bildet. Bei noch höheren Stromstärken — bis 500 A — ist der Nebenschluß aus Streifen von Konstantanblech gebildet, die einander parallel geschaltet und durch Glimmerzwischenlagen getrennt abwechselnd nebeneinander zu den miteinander verlöteten Enden hin- und zurückgeführt sind. Die Eichung der Instrumente erfolgt bei Gleichstrom, worauf bei der höchsten in Frage kommenden Frequenz die durch Ausziehen regulierbare Selbstinduktionsspirale im Hitzdrahtzweig nachjustiert wird. Ein Instrument bis 15 A zeigte zwischen 1160 und 670 m Wellenlänge Fehlerfreiheit, bei 2000 m 0,7% und von 410 bis 135 m 1,5 bis 5,6% zuviel. Die Instrumente werden in sieben Größen von ca. 46 bis 435 mm Skalendurchmesser ausgeführt.

Die besten Aussichten für die Gewinnung eines einwandfreien und einfachen Hochfrequenzstrommessers mit veränderbarem Meßbereich eröffnen sich aus den inzwischen ausführlicher mitgeteilten Untersuchungen Lindemanns[32]) über die diesbezügliche Anwendung des von Rogowski angegebenen magnetischen Spannungsmessers. Letzterer wurde hierbei in Form von Ringspulen verwendet, die auf Holzkern mit 0,3 mm dickem Draht einlagig voll bewickelt und mit nahe aneinander liegenden Zuleitungen an ein empfindliches Hitzdrahtinstrument angeschlossen waren. Im Bereich von 150 bis 6000 m Wellenlänge zeigten nur zwei von drei verschieden geformten und bewickelten Ringspulen nachweisbare Abweichungen der Stromangabe von wenigen Prozent bei einem Wellenlängengebiet, das der Eigenwelle der offenen Ringspule nahe lag. Durch geeignete Vorschaltwiderstände kann nicht nur dieser Fehler beseitigt, sondern auch der Meßbereich insbesondere bei kurzen Wellen erweitert werden.

Ein Starkstromamperemeter für Hochfrequenz sucht ferner Pavlowsky[33]) zu gewinnen, indem er den geradlinigen Stromleiter mit einer auf Holz gewickelten Spule von genügender Windungszahl umgibt, an die das empfindliche Hitzdraht-

instrument angeschlossen ist. Nach diesem Prinzip' wurde von J. Bethenod ein französisches Patent angemeldet.

Nach Versuchen von Campbell und Dye können auch geeignet konstruierte Lufttransformatoren normaler Form sowie Eisenkerntransformatoren von der Bauart des Pavlovskyschen Lufttransformators in Verbindung mit dem Hitzdrahtinstrument befriedigend genau als Hochfrequenzstrommesser für Ströme bis 50 A und für 150 bis 6000 m Wellenlänge dienen. Über Arbeiten von Campbell und Dye[33a]) über diesen Gegenstand und über thermoelektrische und Hitzdrahtinstrumente für Hochfrequenzströme ist ein ausführliches deutsches Referat erschienen.

In einer auch die ausländische Patentliteratur berücksichtigenden Patentschau bespricht Eales eine Reihe der in den letzten Jahren bekannt gewordenen Instrumente der Hochfrequenztechnik, hauptsächlich Hochfrequenzstrommesser für höheren Meßbereich und Frequenzmesser.

Ein Dämpfungsmesser, d. h. ein das Drehmoment eines Hochfrequenz-Schwingungskreises nach Einstellung zweier Resonanzkreise ohne weiteres anzeigendes Instrument ist nach Vorschlag von Dieckmann durch J. Wiesent[34]) entwickelt und untersucht worden. Zwei übereinander und um ihre gemeinsame Achse senkrecht zueinander gestellte Spulen enthalten je einen Kurzschlußring. Letztere bilden das in der gleichen Achse liegende, keiner Direktionskraft unterworfene Drehsystem. Wenn die Kurzschlußringe einen Winkel innerhalb 90^0, am besten von 45^0 miteinander bilden, kommt das Drehsystem innerhalb eines Quadranten in einer Lage zum Gleichgewicht, die eine eindeutige Funktion des quadratischen Verhältnisses der effektiven Stromstärke in den festen Spulen ist. Wird also die eine in einen auf den untersuchten Kreis abgestimmten Resonanzkreis, die andere in einen identischen aber verstimmten Kreis eingeschaltet, so ist der Ausschlag des Instruments nach der bekannten Bjerknesschen Formel auch ein Maß für die primäre und sekundäre Dekrementensumme. Das Instrument kann also für das Dekrement irgendeines untersuchten Kreises geeicht werden. Für verschiedene Dekrementmeßbereiche erweisen sich verschiedene Verstimmungen als vorteilhaft. Die Versuche bestätigen die Theorie und zeigen, daß bei einer Leistungsaufnahme des Instruments von 8 W noch Dämpfungsänderungen von 0,01 angegeben werden.

Während dieses Instrument in einer Anlage von gegebener Wellenlänge mit ein für allemal eingestellten oder allenfalls bei Frequenzschwankung nachregulierten Resonanzkreisen die gesuchte Größe ohne weiteres anzeigt, sind bei einem von Kolster[35]) angegebenen, direkt anzeigenden Dekremeter jeweils besondere Einstellungen vorzunehmen. Auch diesem Apparat liegt die Bjerknessche Methode zugrunde. Um an dem Drehkondensator des Wellenmessers die Dekrementsumme des untersuchten und des Wellenmesserkreises nach dieser Methode aus der Differenz der Einstellungen für halben Resonanzausschlag bei jeder Resonanzeinstellung bestimmen zu können, muß, wie Kolster zeigt, die Kapazität mit dem Drehwinkel in geometrischer Progression zunehmen. Mit dem so geformten Kondensator wird auf halben Resonanzausschlag eingestellt, dann eine Dekrementskala so gekuppelt, daß der Nullpunkt unter einem Zeiger steht. Nach Drehung des Drehkondensators in die andere Stellung für halben Resonanzausschlag liest man die Dekrementsumme direkt ab. Auf einer weiteren in bestimmter Weise einstellbaren Skala kann die Wellenlänge gemessen werden.

Instrumente für besondere Zwecke. Zur Messung von Gleichströmen ohne Unterbrechung der Leitung haben die SSW[36]) eine dem Köpselschen Eisenprüfapparat entsprechende Anordnung bekanntgegeben. Ein die Drehspule enthaltender, im übrigen völlig geschlossener Eisenkreis wird über eine Schiene, die Drehspule an die Netzspannung gelegt. Aus naheliegenden Gründen dürfte die Genauigkeit allerdings keine große sein.

Die Firma H & B führt ihr mittleres und großes Modell des Anlegers nach Dietze in nur einer, sowohl für Nieder- wie Hochspannungsmessungen bestimm-

ten Form aus. Für Hochspannungsmessung wird ein neukonstruierter größerer Strommesser direkt in gut ablesbarer Lage angesteckt. In einer Beschreibung der neuen Apparate erläutert Neumann[37]) ferner die Anwendung des kleinen Modells zur Aufsuchung einer Körperschlußstelle von Ankern.

Im Anschluß an eine Übersicht über die an Stromtransformatoren für Schalttafelzwecke zu stellenden Anforderungen beschreibt Garrard[38]) verschiedene Typen englischer Fabrikation. Den Einfluß der Phasenabweichung zwischen primärem und sekundärem Strom will er durch einen entgegengesetzten Fehler des angeschlossenen Wattmeters beseitigen. Dies ist allerdings nicht bei elektrodynamischen, sondern nur bei Induktions-Instrumenten möglich, indem die Zeitkonstante der Spannungsspule passend gewählt wird.

Zur Überwachung der Sicherungen vor einem Drehstromspannungswandler verwenden die SSW[39]) niederspannungsseitig zwischen den einzelnen Phasen eingeschaltete nur mit Rotglut brennende Signallampen, die bei Abschaltung der zugehörigen Phase ganz erlöschen.

Zur Messung der Spannung auf der Hochspannungsseite von Prüftransformatoren wird nach Hendricks[40]) in Amerika mit Erfolg eine auf dem Eisenkern des Transformators aufgebrachte Wicklung von wenig Windungen benutzt, an die das direkt auf die Hochspannung geeichte Voltmeter angelegt ist. Wenn durch geeignete Konstruktion des Transformators und Lage der Voltmeterspule dafür gesorgt ist, daß das magnetische Verkettungsverhältnis zwischen der Voltmeter- und Hochspannungswicklung konstant ist, so entsteht nur ein Fehler durch den Ohmschen Spannungsabfall in der Spule, der praktisch meist vernachlässigbar ist.

Zur Eichung von Spannungstransformatoren mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit schlägt Brachs[41]) eine Abänderung der von Drysdale angegebenen Methode vor, wobei neben einem Normal-Spannungstransformator von gleichem Übersetzungsverhältnis nur noch ein Wattmeter benötigt wird.

1) C. V. Drysdale, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 853. — 2) J. Rennie, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 114. — 3) A. P. Trotter, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 851. — 4) F. W. Grover, Bull. Bur. Stand. Bd 12, S 317. — 5) C. V. Drysdale, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 523, 558, 593, 714. — 6) Helios Exportz. 1916, S 253. — 7) E. S. Lee, Gen. El. Rev. 1916, S 212. — 8) A. Brückmann, ETZ 1916, S 219. — 9) Helios Exportz. 1916, S 429. — 10) G. Keinath, ETZ 1916, S 271. — 11) W. Peukert, ETZ 1916, S 45. — 12) J. Sahulka, ETZ 1916, S 348. — 13) Helios Exportz. 1916, S 935. — 14) W. Jaeger, Arch. El. Bd 4, S 262. — 15) A. Crehore, Phil. Mag. Bd 28, S 207. — 16) J. Ondracek, El. Masch.-Bau 1916, S 609, 627, 633. — 17) Hawley O. Taylor, Phys. Rev. R 2, Bd 6 S 303. — 18) E. Lübcke, Phys. Z. 1916, S 453. — 19) Electr. (Ldn.) Bd 76, S 672. — 20) H. G. Crane u. C. L. Dawes, El. World Bd 67, S 424. — 21) G. W. O. Howe, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 149. — 22) C. H. Graf v. Breßler, Phys. Z. 1916, S 349. — — 23) C. W. Lutz, Phys. Z. 1916, S 619. — 24) E. R. Wolcott, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 702. — 25) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1063. — 26) L. W. Chubb, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 121. — Disk. S 1063. — 27) W. R. Work, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 203. — Electr. (Ldn.) Bd 76, S 835. — 28) C. H. Sharp u. E. D. Doyle, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 129. — Disk. S 1063. — 29) W. Estorff, ETZ 1916, S 60, 76. — 30) C. B. Whitehead u. M. W. Pullen, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 791. — Disk. S 1611. — 31) G. Keinath, JB drahtl. Tel. Bd 11, S 43. — 32) R. Lindemann, JB drahtl. Tel. Bd 11, S 63. — 33) M. Pavlowsky, El. World Bd 67, S 219. — 33a) A. Campbell u. D. W. Dye, Proc. Roy. Soc. A. Bd 90, S 621 (1914). — JB drahtl. Tel. Bd 11, S 66. — 34) J. Wiesent, Diss. München 1916. — 35) Frederik A. Kolster, JB drahtl. Tel. Bd 10, S 317. — Proc. Inst. Radio Eng. 1915, S 29. — Bull. Bur. Stand. Bd 11, S 409. — 36) Helios Fachz. 1916, S 320. — 37) E. Neumann, ETZ 1916, S 235. — 38) C. C. Garrard, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 499, 537. — 39) Helios Fachz. 1916, S 348. — 40) A. B. Hendricks, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 138. — Disk. S 1063. — 41) H. B. Brachs, Bull. Bur. Stand. Bd 10, S 419.

Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler.

Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger.

Messungen, Theorie, Eichvorschriften. Bei der New Yorker Edison Co.[1]) wird bei den Zählerprüfungen an Ort und Stelle über 25 A eine transportable Akkumulatorenbatterie (zwei oder vier Nickel-Eisen-Alkali-Zellen, leicht, stark überlastbar) benutzt, an die zwei parallel geschaltete Kohlenplattenwiderstände, einer für grobe, einer für feine Regulierung angebaut sind. Die Stromregulierung findet durch Druckänderung der Kohlenplatten statt.

Simons[2]) schlägt vor, bei den Zählerprüfungen statt des Fehlers f in Prozenten die Korrektion k in Prozenten zu bestimmen, weil man den wirklichen Verbrauch A aus den Angaben Z des Zählers mittels k in einfacherer Weise als mittels f berechnen kann:

$$A = Z\left(1 + \frac{k}{100}\right).$$

Außerdem sei k einfacher zu ermitteln als f; denn, da $k = 100\left(\frac{A}{Z} - 1\right)$, erhält man für $Z =$ konst. eine Gerade, wenn man k als Funktion von A aufträgt. Hat man diese für ein bestimmtes Z gezeichnet und beobachtet bei diesem Z den wirklichen Verbrauch A, so kann man k direkt ablesen. (Simons übersieht dabei allerdings, daß es sich in der Praxis nur in den seltensten Fällen um die Anbringung einer Korrektion — dies wäre für die Elektrizitätswerke viel zu umständlich und zu teuer, außerdem kennt man in der Regel die Belastung nicht, mit der der Zähler gearbeitet hat —, sondern nur darum handelt, zu überwachen, ob die Abweichungen des Zählers von ihrem Sollwert innerhalb gewisser Grenzen bleiben und für diesen Zweck ist der prozentuale Fehler besser geeignet.)

Drehstromzähler, die über Spannungswandler angeschlossen sind, zeigen falsch, wenn eine der Sicherungen des Spannungswandlers durchschmilzt, denn dann hat die Spannung an den Spannungsspulen des Zählers nicht mehr den richtigen Wert. Es können dabei z. B. zwei von den sekundären Spannungen auf die Hälfte ihres normalen Wertes herabgehen. Um dies sichtbar zu machen, werden zu den Spannungsspulen Glühlampen parallel geschaltet, und zwar ist durch vorgeschaltete Widerstände bewirkt, daß die Glühlampen etwa $\frac{1}{3}$ ihrer normalen Spannung haben, also dunkelrot brennen, wenn die drei Sicherungen intakt sind. Brennt eine Sicherung durch und geht die Spannung einer Lampe z. B. auf die Hälfte zurück, so erlischt sie vollständig. Der Unterschied zwischen dem fehlerhaften und dem ordnungsmäßigen Zustand wird dadurch besser deutlich gemacht, als wenn man die Glühlampen mit normaler Spannung brennen ließe[3]).

J. Schmidt[4]) bringt die bekannten Schaltungen der Drehstromzähler, ferner Zähler, die durch eine zweite Wicklung auf dem Spannungseisen Klingeln speisen.

Alberti[5]) gibt eine Methode an, das Drehmoment eines Zählers in den verschiedenen Ankerstellungen automatisch aufzuzeichnen. Er verwendet dazu ein Feder-Dynamometer mit Nullablesung. Dessen Arm liegt zwischen zwei Anschlagkontakten, so daß er nur eine ganz kleine Bewegung ausführen kann und, je nachdem er rechts oder links anliegt, einen Motor und damit den Torsionskopf des Dynamometers in der einen oder andern Richtung in Drehung versetzt. Auf dem Umfang der Bremsscheibe des Zählers liegt ein Kokonfaden, welcher senkrecht an dem Arm des Dynamometers angreift. Durch die Umfangskraft des Zählers wird nun der Arm gegen den einen Anschlagkontakt gedrückt, der Motor in Bewegung gesetzt und dadurch der Torsionskopf des Dynamometers so lange gedreht (Spannen der Feder), bis der Arm den Kontakt wieder verläßt. Das vom Zähler auf das Dynamometer ausgeübte Drehmoment ist dann gleich dem von der Torsionsfeder ausgeübten. Die Stellung des Tor-

sionskopfes wird mittels Zahnrads und Zahnstange auf eine Papierrolle übertragen. Der Zähler und das Ende des Papierstreifens sind an demselben Schlitten befestigt, der in der Richtung des Kokonfadens durch eine Spindel bewegt wird. Hierbei verdreht sich gleichzeitig der Anker und es werden die den verschiedenen Ankerstellungen entsprechenden Drehmomente des Zählers auf dem Papier aufgezeichnet (Wiedergabe aufgenommener Kurven, Vergleich mit berechneten).

Die Änderung des Verschiebungswinkels des Spannungsflusses, den Brückmann[6]) bei Induktionszählern beobachtet hatte, führte er auf Hysterese und Wirbelstromverluste zurück. E. Wirz ist der Ansicht, daß die Änderung der Schlüpfung zwischen Drehfeld und Rotor die Ursache davon sei.

In der Diskussion[7]) wurden die Ausführungen Hollisters über Induktionszähler (JB 1915, S 184) als mangelhaft oder falsch bezeichnet. Bei Untersuchung der Frequenz- und Wellenform-Abhängigkeit hat Hollister wichtige Einflüsse vernachlässigt und gelangt daher zu falschen Ergebnissen. Die Zähler zeigen ferner bei steigender Temperatur zu viel, während Hollister zum umgekehrten Resultat kam. Es wird gezeigt, daß man den Induktionszähler sehr wohl wie einen Drehfeldmotor behandeln könne (Dawes). Jedenfalls muß man aber auf die eine oder andere Weise, wenn man die Betrachtung exakt durchführt, zu demselben Resultat kommen.

Die durch einen Wechselfluß in der Scheibe eines Induktionszählers induzierte Strömung kann bekanntlich bei kreisförmigen Polen ermittelt werden, indem man die Zählerscheibe zu einer unbegrenzten Platte ergänzt und in einem gewissen Abstand einen zweiten Wechselfluß gleicher Größe und umgekehrter Richtung anordnet. Um die Strömung für die in der Praxis vorhandenen viereckigen Pole zu ermitteln, zerlegt Weißbach[8]) jeden Pol in einige, z. B. vier kreisförmige Teile, bestimmt für jeden Teil die Strömung und setzt die einzelnen Strömungen zusammen.

Wie aus dem Bericht des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins[9]) hervorgeht, wurden in dessen Prüfstellen vom 1. Juli 1915 bis 30. Juni 1916 4817 Zähler geprüft.

Beglaubigungsfähige Zähler können in der Kriegszeit mit Ersatzmaterialien ausgeführt und als „K“-Zähler beglaubigt werden, falls die Reichsanstalt der Ansicht ist, daß durch die Ersatzmaterialien keine wesentliche Beeinflussung der Eigenschaften stattfindet. Das System wird gleichzeitig einer Ergänzungsprüfung unterworfen und die Zulassung als „K“-Zähler wieder aufgehoben, falls erstere keine befriedigenden Resultate ergibt[10]).

Konstruktionen. Amtliche Systembeschreibungen erschienen von folgenden Apparaten:

Doppeltarifzähler der Isaria[11]) mit eingebauter Umschaltuhr.

Drehstromzähler: DUc der AEG für Vierleiteranlagen. (Drei messende Systeme von folgendem Aufbau: Dreifingereisen mit Schlußstück auf der andern Seite der Scheibe, magnetischer Nebenschluß für den Spannungsfluß, Stromspulen auf dem äußeren, Spannungsspulen auf dem mittleren Schenkel. 90° Verschiebung durch magnetischen Nebenschluß zum Stromfluß.)

Dc der AEG[12]) für Dreileiteranlagen und Zweiphasenanlagen (zwei messende Systeme des beschriebenen Aufbaues).

Modell MB von Landis & Gyr[13]) (drei messende Systeme mit E-förmigem Spannungseisen, an dessen unteren Schenkel das U-förmige Stromeisen senkrecht angesetzt ist).

Ziegenberg[14]) beschreibt in einem 1913 gehaltenen Vortrag einen Gleichstrom-Wattstundenzähler mit Scheibenanker und scheibenförmigen Stromspulen. Solche Zähler besitzen folgende Vorzüge: Unabhängigkeit vom Erdfeld, gedrängter Aufbau, leichte Zugänglichkeit des Ankers. Trotzdem haben sie sich bisher nicht eingeführt, weil sie zu geringes Drehmoment hatten. Dies kam daher, daß man zu viel Ankerabteilungen verwendete, wodurch Gegenwirkungen auftraten. Ziegenberg verwendet daher in seinem Zähler nur wenig Ankerabteilungen. Das Zählwerk wird, um den Zähler zu entlasten, durch ein Relais

angetrieben, dessen Wicklung von der Bürstenspannung erregt wird; letztere pulsiert zufolge einer besonderen Schaltung im Anker stark, beim Höchstwert spricht das Relais an. In der Diskussion wird bemerkt, daß der Flachspulenanker teurer und schwieriger herzustellen als der Trommelanker, ferner daß die Fortschaltung des Zählwerks nicht betriebssicher, anderseits die Zählwerksreibung ohne Belang für die Fehlerkurve sei.

Stöppler[15]) gibt einen kurzen Überblick über die Entwicklung der Zähler und beschreibt dann die Konstruktionen von Landis & Gyr, wobei er auch auf Einzelteile und deren Konstruktion, sowie auf Doppeltarifzähler mit Handumschaltung eingeht.

Neuerdings baut man die Traggerüste von Zählern vielfach aus Stanzstücken auf. Man verwendet z. B. ein U- oder V-förmig gebogenes Blech, welches mit seinem Rücken auf der Grundplatte befestigt ist und dessen beide Schenkel, deren Ebene der Zählerachse parallel sind, durch mehrere zu den Schenkeln senkrecht angeordnete Querstücke verbunden sind. Letztere dienen zur Versteifung der Schenkel, sowie zur Aufnahme der Lager, Bremsmagnete und des Zählwerks. Auf den Schenkeln werden bei den dynamometrischen Zählern die Stromspulen, bei den Induktionszählern die Triebeisen befestigt[16]).

Bei Selbstverkäufern mit Quecksilberkontakten besteht die Möglichkeit, daß der Konsument in betrügerischer Absicht den Apparat von der Wand nimmt, neigt, und dadurch, ohne Geld einzuwerfen, den Strom schließt. Um dies zu vermeiden, ordnet Kretz[17]) einen zweiten Quecksilberschalter in Reihe mit dem ersteren so an, daß er beim Entfernen des Zählers aus seiner senkrechten Lage den Verbrauchsstromkreis unterbricht.

Tarife und Tarifapparate. Ziegenberg[18]) zeigt, daß der zu Lasten der Elektrizitätswerke gehende Nebenschlußverbrauch von diesen nur zu den direkten Kosten, also auf 1 bis 3 Pf für 1 kWh bewertet werden darf, denn die Verwaltungs- und Anlagekosten des Werkes fallen infolge des Nebenschlußverbrauches der Zähler nicht höher aus. Die danach für den Nebenschlußverbrauch der Zähler jährlich einzusetzenden Beträge sind in allen praktischen Fällen verschwindend klein.

Bei dem Maximumzähler der Isaria[19]) wird immer nach Verbrauch einer bestimmten Arbeit, z. B. von 3 kWh ein Kontakt geschlossen und dadurch mittels eines Relais das Maximumtriebwerk mit einer Uhr gekuppelt. Die Dauer der Kuppelung, also das Vorrücken des Maximumzeigers, ist um so größer, je kleiner die zwischen zwei Kontakten liegende Zeit ist. Höhere Belastungen gehen bei diesem Prinzip in den Ausschlag des Maximumzeigers voll ein, auch wenn sie nur relativ kurz dauern. Beim Wechselstromspitzenzähler der Isaria hat, um zu erreichen, daß der Anlauf später stattfindet, als der von dem Zähler registrierten Wattzahl entspricht — was eine Annehmlichkeit für den Konsumenten bedeutet —, die Scheibe, auf die das rückwärtsdrehende Triebeisen wirkt, einen Ausschnitt, so daß die rückdrehende Kraft für einen Teil der Umdrehungen wegfällt; währenddessen wirkt eine Spiralfeder hemmend auf den Anker.

Beim Höchstverbrauchstarif wird für die größte entnommene Leistung eine feste Summe jährlich und für die kWh eine niedrige Taxe berechnet. Erhöht sich die Belastung auch nur während einer einzigen Meßperiode, also z. B. während einer Viertelstunde, so kann dies die Stromrechnung des Konsumenten beträchtlich erhöhen. Es sind daher Einrichtungen vorgeschlagen worden, welche warnen, falls die Gefahr vorliegt, daß eine gewisse Belastung überschritten wird, damit der Konsument einen Teil der Belastung abschalten kann. Westerberg[20]) ordnet zu dem Zweck einen Kontaktarm an, welcher durch eine Uhr bewegt wird, und zwar konzentrisch mit einem Kontaktarm, welcher von dem Maximumtriebwerk bewegt wird. Ist die Belastung zu groß, so holt der letzte Kontakt den ersten ein und berührt ihn. Es ertönt eine Klingel oder es wird mittels eines Relais ein Teil der Belastung automatisch abgeschaltet »Leistungsbegrenzer«). Bei einer anderen Einrichtung erreicht der Kontakt

des Maximumtriebwerkes, falls die Belastung, also seine Geschwindigkeit, zu groß ist, einen in seiner Bahn stehenden zweiten Kontakt. Bei zulässiger Geschwindigkeit tritt dies nicht ein, da letzterer immer nach einer bestimmten Zeit aus der Bahn entfernt wird.

Falls dieselbe Gemeinde in zwei weit auseinanderliegenden Punkten *A* und *B* Strom aus dem Netz einer Überlandzentrale entnimmt, und die Verrechnung nach dem Höchstverbrauchstarif erfolgt, darf man behufs Ermittelung des Maximums nicht die Maxima von zwei bei *A* und *B* eingeschalteten Maximumzählern addieren, denn erstere sind in der Regel nicht gleichzeitig vorhanden gewesen. Man kann bei *A* einen gewöhnlichen Maximumzähler einschalten und dessen Stromspule anschließen an die parallel geschalteten Sekundärwicklungen von zwei Stromwandlern, deren Primärwicklungen in die Abzweigungen bei *A* und *B* eingeschaltet sind. Der Maximumzeiger mißt dann den gesuchten Wert, nämlich den Höchstwert, der von der Gemeinde gleichzeitig entnommenen Leistung. Man benötigt allerdings hierzu eine Doppelleitung von *A* nach *B*. Man kann jedoch auch in *A* und *B* getrennte Maximumzähler, die besonders eingerichtet sind, verwenden und mittels Stromstößen, die in eine von *A* nach *B* führende Leitung gesandt werden — als Rückleitung kann die Erde dienen — bewirken, daß erstens die Meßperioden der beiden Maximumzeiger nahezu zusammenfallen und daß zweitens am Ende jeder Meßperiode die Ausschläge der Maximumtriebwerke von *A* und *B* auf einem gemeinsamen Maximumtriebwerk, welches den Maximumzeiger vorschiebt, addiert werden[21]).

Bei Anlagen, die mit großer Phasenverschiebung arbeiten, ist es bekanntlich berechtigt, auch den „wattlosen" Verbrauch dem Konsumenten irgendwie in Rechnung zu stellen. Dies ist möglich mittels eines Induktionszählers, bei dem die Verschiebung des Spannungstriebfeldes mehr als 90⁰ beträgt. Genau so, wie ein Zähler mit Überverschiebung, wirkt bekanntlich (s. ETZ 1898, S 607) ein Induktionszähler, der außer dem um 90⁰ verschobenen Spannungstriebfluß noch einen zweiten besitzt, der eine geringe Verschiebung und die umgekehrte Richtung hat wie der erste. Diese Anordnung benutzen die Isaria-Zählerwerke zur Messung der „komplexen Leistung"[22]).

Landis & Gyr[23]) dagegen verwenden außer dem gewöhnlichen Induktionszähler, der die Leistung $KI \cos \varphi$ zählt, noch einen zweiten, dessen Spannungstriebfluß bei induktionsloser Last mit dem Stromtriebfluß in Phase ist, der also $KI \sin \varphi$ mißt. Nach den Angaben der beiden Zähler kann man den wattlosen Verbrauch irgendwie in Rechnung stellen, z. B. indem man zu dem wirklichen Verbrauch einen Bruchteil des scheinbaren Verbrauches zuschlägt.

Beim Strombegrenzer der Bergmann-Elektrizitätswerke[24]) wird ein Eisenkern in eine Spule eingezogen und bewirkt bei geringer Überschreitung des Pauschalwertes abwechselnd Unterbrechen und Schließen des Stromes, bei starker Überschreitung dauerndes Unterbrechen.

Bekanntlich verhindert in Pauschalanlagen der Strombegrenzer die Vergeudung nicht, denn der Konsument kann den zulässigen Strom beliebig lange eingeschaltet lassen. Um Vergeudung zu vermeiden, kann ein Zähler benutzt werden, der einen Zeiger vorwärts schiebt; dieser öffnet einen Kontakt und schaltet dadurch die Anlage ab, sobald eine bestimmte Anzahl Kilowattstunden verbraucht ist („Verbrauchsbegrenzer")[25]).

[1]) El. World Bd 67, S 373. — [2]) K. Simons, ETZ 1916, S 260. — [3]) El. Kraftbetr. 1916, S 165. — [4]) J. Schmidt, Helios Fachz. 1916, S 361, 372. — [5]) E. Alberti, ETZ 1916, S 285. — [6]) E. Wirz u. H. W. L. Brückmann, El. Masch.-Bau 1916, S 110. — [7]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 49. — [8]) W. Weißbach, El. Masch.-Bau 1916, S 493. — [9]) Schweiz. El. Ver., Bull. Schweiz. EV 1916, S 220. — [10]) ETZ 1916, S 179. — [11]) ETZ 1916, S 262. — [12]) ETZ 1916, S 244. — [13]) ETZ 1916, S 278. — [14]) R. Ziegenberg, ETZ 1916, S 356. — D. Broido u. R. Ziegenberg, ETZ 1916, S 422. — W. Lubach u. Ziegenberg, ETZ 1916, S 717. — [15]) Stöppler, El. Masch.-Bau 1916, S 248. — [16]) Helios Exportz. 1916, S 1097. — [17]) Kretz, Helios Exportz. 1916, S 412. — [18]) R. Ziegenberg, ETZ 1916, S 145. — [19]) El. Anz. 1916, S 407, 423. — [20]) El. Anz. 1916, S 329. — [21]) Helios Exportz.

1916, S 533. — [22]) El. Anz. 1916, S 284. — [23]) Stöppler, El. Masch.-Bau 1916, S 248. — [24]) P. Reinecke, ETZ 1916, S 430. — Mitt. Ver. EW 1916, S 324. — [25]) El. Anz. 1916, S 658.

Elektrische Messungen und Meßverfahren, Hilfsmittel für Messungen.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

Widerstände und Gleichstrommessungen. Als Ersatz für Manganin wird in England jetzt „Tarnac-Legierung" verwendet. Obgleich diese mit Manganin identisch sein soll, zeigt sie nach den Messungen Drysdales[1]) zwischen 14⁰ und 44⁰ C eine bis achtmal so große Widerstandsänderung und zudem im Gegensatz zum Manganin bei verschiedenen Exemplaren ganz verschiedene Temperaturkurven. Trotzdem bezeichnet Drysdale dieses Material als „sehr großen Fortschritt" gegenüber dem Manganin deutscher Herkunft.

Von Obata[2]) mitgeteilte Versuche über die zuerst in Washington beobachtete Änderung der mit Schellack getränkten Manganinwiderstände mit der Luftfeuchtigkeit ergaben in den noch feuchteren Sommermonaten in Tokio bei den niederen Beträgen viel geringere Widerstandserhöhung als dort beobachtet, bei den höheren sogar Widerstandsverringerung, die auf Kondensation und Absorption von Feuchtigkeit im Schellack zurückgeführt wird. In Paraffinöl ist keine Änderung nachweisbar.

Die Aufgabe, den Ausschlag eines direkt zeigenden Isolationsmessers in dem Augenblick festzuhalten, in dem der Kurbelinduktor auf die richtige Drehungszahl gebracht ist, wird von der Firma Horn[3]) in der Weise gelöst, daß ein angeschlossenes Tachometersystem eine mechanische Festhaltevorrichtung ausklinkt. Die Herstellung mehrerer Widerstandsmeßbereiche wird durch eine neue Schaltung von S & H[4]) ermöglicht. Dem Instrument ist ein Rheostat von großem Widerstand vorgeschaltet und die zu messende Isolation x wird in Nebenschluß zu einem Teil derselben und dem Instrument gelegt. Ist r_2 der Widerstand dieses Teils einschließlich des Instruments, r_1 der in Vorschaltung liegende Teil des Rheostaten, so fließt durch das Instrument der Strom $E \Big/ \left(\frac{r_1 r_2}{x} + r_1 + r_2\right)$. Werden die Abzweigungen am Rheostaten also derart angebracht, daß $r_1 r_2$ proportional den gewünschten Meßbereichen der x, so gilt für alle Meßbereiche die gleiche Skalenteilung.

Eine graphische Behandlung der Wheatstoneschen Brücke für Gleichstrom wird von Kuhn[5]) auf Grund eines Ersatzschemas durchgeführt, in dem die Brücke in drei zwischen den Zuführungspunkten des Hauptstroms einander parallel liegende, im übrigen unverzweigte Zweige zerlegt ist.

Die Wheatstonesche Brücke wird von Ondracek[6]) für Messung hoher Widerstände so umgewandelt, daß das Galvanometer einerseits statt zwischen den Isolations- und anstoßenden Rheostatenwiderstand an einen letzterem nebengeschalteten Spannungsteiler zu liegen kommt. Erhebliche Vorteile dürfte diese Komplikation ebensowenig bieten wie eine Umwandlung der Thomsonschen Brücke, bei der entgegen bekannten Grundsätzen der Verbindungswiderstand zwischen dem unbekannten und dem Vergleichswiderstand zu dem Zweig des ersteren geschlagen und mittels einer Hilfsmessung eliminiert wird.

Nach Bourguignon[7]) wird ein physiologischer Widerstand zweckmäßig dadurch bestimmt, daß er und ein Rheostat einander parallel geschaltet Entladungskreise eines Kondensators bilden und die durch jeden Kreis entladene Elektrizitätsmenge ballistisch gemessen wird.

Die Messung sehr hoher Isolationswiderstände, z. B. von Kabeln, erfordert die Anwendung der Siemensschen Methode. Hierbei muß außer der Abnahme der Ladung mit der Zeit auch die Kapazität der Kabelprobe bestimmt werden. Nach Fischer-Hinnen[8]) läßt sich letztere Messung dadurch umgehen, daß die

erstere unter Parallelschaltung eines sehr hohen Widerstandes wiederholt und aus den beiden Messungen die Kapazität eliminiert wird. Die dabei erforderlichen vier Ladungsmessungen werden zweckmäßig mit einem Elektrometer statt mit ballistischem Galvanometer ausgeführt.

Von der Leeds & Northrup Co.[9]) wurde unter dem Namen Doppelkombinationspotentiometer eine Ausführung des Whiteschen thermokraftfreien Kompensationsapparats (JB 1915, S 189) für gleichzeitige Messung mit zwei Thermoelementen in den Handel gebracht. Bemerkenswert ist die Verwendung der „Standardbatterie" nach Hulett als Stromquelle und eine kupfersparende Neukonstruktion der thermokraftfreien Kontakte.

Kapazität, Induktivität, Phasenfehler. Chireix[10]) gibt wie früher Duddell (JB 1914, S 189) einen Drehkondensator an, dessen Kapazität proportional dem Quadrat des Drehwinkels zunimmt, so daß bei einer Verwendung in Wellenmessern eine in Wellenlängen gleichförmige Skala entsteht.

Zur Bestimmung der Kapazität eines Blättchenelektroskops aus dem Potentialabfall bei Teilung der Ladung mit einem Kondensator von bekannter Kapazität wird nach Barratt[10a]) zweckmäßig nicht ein Kugelkondensator, sondern ein Plattenkondensator verwendet.

Ein von Baker[10b]) beschriebenes Verfahren zur Messung von Kapazitäten, insbesondere von Elektrometern im Betrag von wenigen cm, beruht darauf, daß die gesuchte Kapazität wiederholt vonseiten eines Plattenkondensators mit berechenbarer Kapazität von einigen 100 cm aufgeladen und schließlich letzterer soweit ausgezogen wird, daß er wieder auf die Anfangsspannung kommt.

Von Brooks und Weaver[11]) wurde durch umfangreiche Versuche eine Spulenform für Variometer der Selbst- und gegenseitigen Induktion ermittelt, die im Drehbereich von 30 bis 150° homogene Skala ergibt. Das feste und das gleichdimensionierte bewegliche System enthält je 2 in je einer Ebene liegende Spulen von der Form eines länglichen Kettengliedes. Diese stehen in genügendem Abstand voneinander, so daß Raum für die Durchführung bzw. Befestigung der in der Mitte zwischen den Spulen senkrecht zu ihren Ebenen angeordneten Drehachse vorhanden ist. Zur Erhöhung der gegenseitigen Induktivität beider Systeme ist das feste in zwei beiderseits des beweglichen liegende Hälften zerlegt. Sehr nützlich ist eine Zusammenstellung der Beziehungen, nach denen auf etwa erwünschte andere Zeitkonstanten oder Induktivitäten bei gleichen relativen Abmessungen der Spulen umgerechnet werden kann.

Das DRP 290830 der Deutschen Telephonwerke[11a]) betrifft ein Variometer, dessen bewegliches System zur Vermeidung der Schwierigkeit der Achsendurchführung um 45° gegen die Spulenachse gestellt ist. Die Induktivität wird dadurch vom Maximalwert bei zusammenfallenden Spulenachsen bis auf die Summe der Einzelinduktivitäten bei senkrechten Achsen verringert. Nach dem Zusatzpatent 292108 wird durch Umschalten einer Spule der Variationsbereich bis auf den Minimalwert in der bei voller Umdrehung eintretenden Lage maximaler Gegenwirkung erweitert.

Eine umfangreiche Arbeit von Silsbee[12]) aus dem B. of St. behandelt die Konstruktion von Starkstrom-Meßwiderständen mit Potentialabzweigungen für Wechselstrom von technischen Frequenzen. Da die früher (JB 1915, S 193) mitgeteilte Methode zur Bestimmung der Induktivität solcher Widerstände sich als mühsam und ungenau erwies, wurde vorgezogen, von Konstruktionen auszugehen, deren Induktivitäten sich aus der Form berechnen lassen. Die Formeln wurden für parallele Drähte, Streifen und konzentrische Röhren abgeleitet bzw. zusammengestellt. Zum Vergleich der Zeitkonstanten zweier solcher Widerstände werden diese nacheinander in den Primärkreis eines Stromtransformators eingeschaltet und nach bekannten Verfahren der scheinbare Phasenfehler des Transformators gemessen. Die Unsicherheit der Messungen an 20 Widerständen von 0,1 bis 0,00025 Ω gemessener Zeitkonstante wird zu 1 bis $2 \cdot 10^{-7}$ s geschätzt.



Eine Übereinstimmung auf $1 \cdot 10^{-6}$ s wird von Drysdale[13]) für die gemessene und berechnete Zeitkonstante der im N. P. L. ausgearbeiteten Starkstromnormalen von 1 und 0,5 mΩ erhalten. Der Widerstandskörper dieser für Gleich- und Wechselstrommessungen bestimmten Normale ist aus zwei konzentrischen Röhren gebildet, die in hart angelöteten Kupferringen enden. Diese sind mit Rücksicht auf den Druchtritt des Kühlöls durch kupferne Bolzen unten miteinander und oben mit den Zuführungen verlötet, die beim 500 W-Modell aus zwei übereinander liegenden Platten bestehen. Die Stufen von 5 mΩ aufwärts bestehen aus gefaltetem Band. Mit Rücksicht auf bequemen Zusammenbau der Thomsonbrücke sind die Potentialabzweigungen mit Quecksilberkontakt versehen.

Rogowski[14]) ergänzt seine früheren Berechnungen (JB 1915, S 191) über den Wechselstromwiderstand von Litzenspulen. Er entwickelt aus der für das Verhältnis des Wechselstrom- zum Gleichstromwiderstand einer Litze erhaltenen Formel die Ausdrücke für den Drahtdurchmesser bei gegebenem Gesamtquerschnitt und für die Frequenz bzw. Wellenlänge in den folgenden drei ausgezeichneten Fällen: dem kritischen Fall, bei dem das Widerstandsminimum eintritt, dem wirkungslosen Fall, bei dem der Wechselstromwiderstand der Litze gleich dem eines massiven Drahts von gleichem Querschnitt ausfällt und dem ungünstigsten Fall, bei dem das Widerstandsverhältnis ein Maximum wird. Kurven für die „wirkungslose Grenzwellenlänge" und die „kritische Grenzwellenlänge" einer Litzenspule beim Drahtdurchmesser 0,12 und 0,07 mm und bei verschiedener Ganghöhe in Abhängigkeit von der Drahtzahl geben einen wertvollen Überblick über die eigenartigen Verhältnisse und gestatten gegebenenfalls leicht die Frage zu entscheiden, ob eine Unterteilung und wie weitgehend sie anzuwenden ist. Eine durch den Versuch bestätigte Nachrechnung praktisch verwendeter Litzenspulen zeigt, wie notwendig es ist, bei der Herstellung oder Verwendung solcher Spulen die Resultate Rogowskis zu beachten.

Wechselstrommessungen. Zur Messung von Erdwiderständen bedienen sich Mc Collum und Logan[15]) einer Schutzringmethode. Eine Kreisplatte von ca. 7,5 cm Durchmesser und ein sie umgebender Ring bilden mit der in einigen cm Entfernung gegenüberstehenden größeren Kreisplatte zwei von letzterer ausgehende benachbarte Brückenzweige, an die sich anderseits zwei Widerstände R_k und R_r anschließen. Letztere werden so abgeglichen, daß das als Nullinstrument dienende Telephon zwischen der inneren Kreisplatte und dem sie umschließenden Ring keinen Ton gibt. Aus diesen Widerständen und der Gesamtspannung E und -stromstärke I der Brücke ergibt sich dann der Widerstand des zwischen der inneren Platte und der Gegenelektrode liegenden Erdzylinders zu $[E\,(R_k + R_r)\,/\,I R_r)] - R_r$. Vergleichende Laboratoriumsmessungen mit in einen Glaszylinder bei mindestens 7 kg/cm² Druck eingefüllter Erde ergaben übereinstimmende Resultate. Auch über den Einfluß der Erdfeuchtigkeit und der Temperatur sowie über die Größe und zeitliche Änderung der Polarisationsspannung an Erdplatten von verschiedenem Material bei Gleichstrom werden eingehende Versuche angestellt, um Beziehungen dieser Faktoren zur elektrolytischen Korrosion von Metallkörpern in Erde aufzufinden.

Von Kennelly[15a]) werden umfassende, mit dem komplexen Kompensationsapparat ausgeführte Untersuchungen über die Abhängigkeit des Widerstandes und der Induktivität von Eisenbahnschienen von der Stromstärke und Frequenz mitgeteilt. In bezug auf die Messung der Induktivität der Schienen für die Längeneinheit ist leider versäumt worden, die Schleifeninduktivität durch bifilare Führung der Potentialabzweigungen bis zu unmittelbar an die Schienenoberfläche anliegenden Leitungen auszuschließen. Das Verhältnis des Wechselstrom- zum Gleichstromwiderstand liegt für 25 Per/s zwischen 5,3 und 13,4; ein Höchstwert tritt fast immer bei 3,3 bis 16,6 Gauß auf. Rechnerisch kann dieses Verhältnis bis auf einen von der Schienenform abhängigen Korrektionsfaktor (»edge factor«), der 1,3 selten übersteigt, aus dem Querschnitt Q, dem

Umfang U, dem spezifischen Leitvermögen bei Gleichstrom σ berechnet werden nach der Formel $2\pi Q\sqrt{\sigma\mu\omega}/U$.

Um für eine mit Isolationsfehler zwischen den beiden Wicklungen behaftete gegenseitige Induktivität bei einseitiger Verbindung der Spulen den Faktor zu bestimmen, mit dem die primäre Stromstärke multipliziert die in Phase mit diesem liegende Komponente der Spannung ergibt, benutzt Curtis[16]) eine Art Brückenschaltung. Das als Nullinstrument verwendete Vibrationsgalvanometer wird nacheinander in zwei verschiedene Diagonalzweige der Brücke gelegt. Im ganzen sind vier unabhängige Abgleichungen erforderlich.

Die Einstellung von Stromresonanz zwischen einem Kondensator, dessen Kapazität zu messen ist, und einer Drossel von bekannter Induktivität wird von Tank[17]) für solche Fälle von Kapazitätsmessungen vorgeschlagen, in denen eine bei andern Schaltungen und Verfahren störende Wirkung der Leitfähigkeit des Dielektrikums auftritt. Bei Benutzung des Sumpnerschen Eisenschlußdynamometers als Wattmeter betrug die Einstellungsgenauigkeit auf verschwindenden Ausschlag für Wasser mit der Leitfähigkeit $0{,}6 \cdot 10^{-5}\,\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ 1%. Zum gleichen Zweck verwendet Tank auch die Substitutionsmethode, wobei ein eingetauchter Drehkondensator und veränderlicher Flüssigkeitswiderstand auf das Kriterium hin eingestellt werden, daß sich weder die Resonanzeinstellung noch die Empfindlichkeit ändert. Diese Methode wird auch zur Bestimmung der Kapazität von Spulen und des Phasenfehlers von Widerständen vorgeschlagen.

Eine nur zur rohen Bestimmung sehr großer Verlustwinkel von Papierkondensatoren verwendbare Methode gründet Dodge[18]) auf die Messung der Stromstärken in Schaltung für Stromresonanz und die Eigenschaften des hierfür geltenden Vektordiagramms.

Von Meßtorff[19]) wurde die Messung der Wellenlänge von offenen Spulen in der Drudeschen Anordnung zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstante einiger Flüssigkeiten, auch verflüssigter Gase verwendet, die in ein genügend großes, die Spule enthaltendes Gefäß eingefüllt wurden.

Heydweiller und Hagemeister[20]) führen Frequenzmessungen auf eine Nullmethode zurück, indem sie in einem Zweig einer Wechselstrombrücke, deren übrige Zweige reine Widerstände enthalten, mittels bekannter Induktivität und Kapazität Resonanz herstellen.

Ballistische Methoden. Zur Bestimmung der auf die freie Ladung bezogenen Kapazität und zur Bestimmung der Restladung eines Kondensators konstruierte Zeleny[21]) einen Pendelapparat, mit dem drei Umschalter in einstellbaren Zeitdifferenzen betätigt werden. Mit diesem wurden Kondensatoren mit verschiedenen Dielektriken bei verschiedenen Temperaturen und Feuchtigkeitsgraden untersucht und übersichtliche Resultate gewonnen.

Von Lees[22]) wurde eine ballistische Brückenmethode zum Vergleich von gegenseitiger und Selbstinduktion angegeben, die im Gegensatz zur Maxwellschen auch bei größerem Verhältnis und zu der von Brillouin auch bei sehr kleinem Verhältnis von ersterer zu letzterer praktisch verwendbar ist. Gegenüber der Schaltung von Brillouin, der die außerhalb der Brücke liegende Selbstinduktion in einen der Brücke nebengeschlossenen Zweig verlegt hatte, unterscheidet sich die Leessche Schaltung dadurch, daß die eine Zuleitung zur Stromquelle von dem Widerstand abgezweigt wird, der mit der genannten Selbstinduktion in Reihe liegt.

Im weiteren Verlauf seiner Untersuchungen über das ballistische Galvanometer (JB 1915, S 181) schlägt Klopsteg[23]) ein Verfahren ein, durch das der ballistische Reduktionsfaktor aus Gleichstromkonstante, Dekrement und Schwingungsdauer einwandfreier als nach dem üblichen, auf diese Bestimmungen zurückgehenden Verfahren gefunden werden soll. Hierbei wird die Ungleichförmigkeit des Magnetfeldes dadurch berücksichtigt, daß die Gleichstromkonstante durch Gegendrehung des Torsionskopfes in der Nullage der Drehspule bestimmt wird, während das einem bestimmten Ausschlag zugehörige

Dekrement aus einer durch gewisse Versuchsreihen erhaltenen Kurve des Amplitudenverlaufs entnommen werden soll. — Wird der ballistische Reduktionsfaktor dadurch bestimmt, daß nach Kondensatorentladung das Galvanometer plötzlich durch den Widerstand geschlossen wird, für den die Eichung erfolgen soll, so können Fehler durch die infolge der im geschlossenen Kreis eintretenden Thermokräfte entstehen. Klopsteg[24]) zeigt auf Grund der Gleichungen für die ballistische und die sich darüber superponierende durch die konstante Thermokraft verursachte Ablenkung, wie die Korrektion wegen letzterer bestimmt wird.

Gegenüber der Bemühung Pyles[24a]), eine in englischen Abhandlungen und Lehrbüchern übliche ungenaue Formel für den ballistischen Reduktionsfaktor bei gedämpftem Galvanometer durch einen Korrektionsfaktor zu dieser zu berichtigen, weist Klopsteg[24b]) auf die viel einfachere exakte Formel und die im Lehrbuch von Kohlrausch dazu gegebene Berechnungstabelle hin.

Zur Bestimmung der Konstanten in niederfrequenten Schwingungskreisen benützt Birnbaum[24c]) durch Kondensatorladung und -entladung bei bekannter Ladespannung erregte Schwingungen und mißt unter geeigneter Variation der Konstanten die Schwingungsenergie durch den ballistischen Ausschlag eines Galvanometers, das einem im Entladekreis eingeschalteten Thermoelement nebengeschaltet ist. Durch den Temperaturkoeffizienten der thermoelektrischen Kombination verursachte Fehler können korrigiert werden.

Hilfsmittel für elektrische Messungen. Die Anwendung der Kugelfunkenstrecke zur Bestimmung von Scheitelspannungen ist durch theoretische und praktische Untersuchungen von Estorff[25]) in weitem Umfang auf sichere Grundlagen gestellt worden. Durch ein stufenweise fortschreitendes Näherungsverfahren gelang es ihm, das elektrische Feld in der Verbindungslinie zweier Kugeln, die Kapazität des von ihnen gebildeten Kondensators und die Feldstärke an der Kugeloberfläche in Abhängigkeit von den Abmessungen sowie der Spannung zu berechnen. Die so gewonnenen genauen, aber für die Praxis zu umfangreichen Formeln werden durch einfache Annäherungsformeln ersetzt und auf Grund graphischer Darstellung der Feldstärke nach beiden Formeln für verschiedene Abmessungen gezeigt, daß für alle Kugeldurchmesser der gleiche Korrektionsfaktor an der Annäherungsformel angebracht werden kann, nachdem er ein für allemal als Funktion des Verhältnisses von Kugelabstand zu Kugeldurchmesser bestimmt ist. Experimentell konnten die Rechnungsergebnisse durch Messung der Potentialverteilung in einem entsprechenden elektrolytischen Strömungsfeld bestätigt werden. Wegen ev. Glimmlichtwirkung ist noch größerer Wert auf die Übereinstimmung von Berechnung und Beobachtung bei Hochspannungsmessungen zu legen. Beide ergeben innerhalb der Abmessungen, wo die Funkenspannung mit der Anfangsspannung zusammenfällt, daß die Oberflächenfeldstärke für jeden Kugeldurchmesser einen bei nicht zu kleinem Kugelabstand in gewissen Grenzen von der Schlagweite unabhängigen Wert hat. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, die dielektrische Festigkeit der Luft ohne weiteres als Funktion des Kugeldurchmessers aufzufassen und die zum Überschlag nötige Spannung auf Grund der vorliegenden Meßresultate für bekannte Durchmesser und Schlagweiten auszurechnen. Die Übereinstimmung zwischen dieser Berechnung und der Beobachtung betrug in einem ausgeführten Beispiel 1,5%. Bei wachsendem Kugeldurchmesser nähert sich die Luftfestigkeit dem Wert 21 kV/cm. Der Geltungsbereich der Formel für die Funkenspannung wird durch das Höchstverhältnis von Kugelabstand zu -durchmesser gleich 4 beschränkt, das nach Weiker die Anfangsspannung umgrenzt. Auf das Gebiet der Glimm- und Büschelgrenzspannung ließen sich die Beziehungen nicht ausdehnen. Hinweise zur einwandfreien Ausführung von Spannungsmessungen mit der Funkenstrecke beschließen die wertvolle Arbeit.

Ryan[26]) beschreibt einen Widerstands-Spannungsteiler, der zur Ausführung weniger genauer Potentialmessungen längs Hochspannungsapparaten, wie Hängeisolatoren mittels Nadelfunkenstrecke als Nullinstrument dienen soll. Der Widerstand wird durch einen von Wasser durchflossenen Gartenschlauch

gebildet, der in Spiralform um vier Isoliersäulen gewunden ist. In gleichförmigen Abschnitten ist der Schlauch zerschnitten und mittels metallischer Rohrstücke verbunden, die als Potentialklemmen dienen. Das Wasser strömt aus einer Brause mit genügend vielen und großen Öffnungen in Tropfenform aus, so daß hierdurch keine Parallelschaltung zur Erde entsteht.

Magnusson und Burbank[27]) zeigen an der Hand zahlreicher Kurven und Oszillogramme, wie mittels der früher (JB 1915, S 195) beschriebenen künstlichen Leitung der Universität Washington die Kabelerscheinungen mittels Strom- und Spannungsmessern sowie mit dem Oszillographen für Unterrichtszwecke genügend genau dargestellt werden können.

Eine Linienwählerkonstruktion mit Drucktasten und selbsttätiger Ausklinkung wurde von White[28]) zu dem Zweck konstruiert, eine größere Zahl von Thermoelementen oder anderen elektrischen Meßorganen schnell nacheinander an eines von zwei Meßinstrumenten anzulegen. Mit Rücksicht auf die Verwendung mit Kompensationsapparaten sind die Klinken thermokraftfrei, nämlich aus dünnen, durch Zelluloidfolien isolierten Kupferstreifen hergestellt.

Schwach gedämpfte Schwingungen können bekanntlich durch Aufladen eines Kondensators und nachfolgende Entladung über eine Selbstinduktionsspule mittels Umschalters erzeugt werden. Birnbaum[24c]) fand hierfür einen Quecksilber-Umschalter von der Art geeignet, wie sie bei Beleuchtungsautomaten u. dgl. benutzt werden. Infolge der Kapillaritätskraft stellt das an den Elektroden zusammenfließende Quecksilber augenblicklich sicheren Kontakt her. Die prozentualen Schwankungen der Schwingungsenergie betrugen bei Morsetasten, gewöhnlicher Quecksilberwippe, unter Öl laufendem rotierenden Unterbrecher und dem evakuierten Quecksilberunterbrecher bezw. 75, 10, 5 und 0,3 %.

[1]) C. V. Drysdale, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 629. — [2]) J. Obata, Proc. Tokyo Math. Phys. Soc. Bd 8, S 394. — [3]) Helios Exportz. 1916, S 980. — [4]) Helios Fachz. 1916, S 304. — [5]) J. Kuhn, El. Masch.-Bau 1916, S 383. — [6]) J. Ondracek, El. Masch.-Bau 1916, S 53. — [7]) M. G. Bourguignon, Compt. Rend. Bd 162, S 956. — [8]) J. Fischer-Hinnen, ETZ 1916, S 105. — [9]) Randell, Russel, Bischowsky u. Rodebush, J. Am. Chem. Soc. Bd 38, S 1266. — [10]) Chireix, El. World Bd 67, S 53. — [10a]) T. Barrat, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 407. — [10b]) W. Baker, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 112. — [11]) H. B. Brooks u. F. C. Weaver, Bull. Bur. Stand. 1916, S 569. — [11a]) JB drahtl. Tel. Bd 11, S 115. — [12]) Fr. Silsbee, J. Wash. Ac. Bd 6, S 419. — [13]) Drysdale, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 629. — [14]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 4, S 293. — [15]) Mc Collum u. K. H. Logan, Bur. Stand. Technolog. Papers Nr 26. — El. Masch.-Bau 1916, S 372. — [15a]) A. E. Kenelly, El. Masch.-Bau 1916, S 66. — [16]) H. Curtis, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 692. — [17]) Fr. Tank, Phys. Z. 1916, S 114. — [18]) K. L. Dodge, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 584. — [19]) G. Meßtorff, Diss. Frankfurt a. H. 1915. — [20]) Heydweiller u. Hagemeister, Verh. d. Phys. Ges. 1916, S 52. — [21]) A. Zeleny, Phys. Rev. R 2, Bd 6, S 478. — [22]) C. H. Lees, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 123. — [23]) P. E. Klopsteg, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 633. — [24]) P. E. Klopsteg, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 640. — [24a]) L. Pyle, Phys. Rev. R 2, Bd 6, S 446. — [24b]) P. Klopsteg, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 543. — [24c]) H. W. Birnbaum, JB drahtl. Tel. Bd 11, S 1. — [25]) W. Estorff, ETZ 1916, S 60, 76. — [26]) H. J. Ryan, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1187. — [27]) C. E. Magnusson u. S. R. Burbank, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 207. — Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 1259. — [28]) W. P. White, S ill. J. Bd 41, S 307.

XIV. Magnetismus.

Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. E. Gumlich.

Versuche zur Theorie des Magnetismus. Die im vorigen Jahrgang bereits besprochenen Versuche von Einstein und de Haas zum Nachweis der Ampèreschen Molekularströme sind von beiden getrennt weiter verfolgt worden. Dem ersteren[1]) ist es gelungen, die schwer sichtbare Erscheinung sogar zu einem

Vorlesungsversuch umzugestalten, indem er die magnetisierenden Stromstöße auf das in der Magnetisierungsspule besonders gut zentrierte Stäbchen unter Anwendung von Kondensatoren nur momentan und abwechselnd in entgegengesetzter Richtung wirken ließ. Erteilt man dem Stäbchen eine kleine anfängliche Drehbewegung, so kann man diese durch passenden Stromschluß willkürlich steigern oder dämpfen und dies mittels eines Lichtzeigers einem ganzen Auditorium sichtbar machen.

De Haas[2]) vermied die mechanischen Störungen, welche von einer kleinen Abweichung der Richtungen von Stäbchen- und Magnetisierungsspule herrühren, dadurch, daß er die Magnetisierungsspule aus feinem Emaildraht direkt auf das Stäbchen aufwickelte und die Wirkung des Erdfeldes sorgfältig kompensierte. Auf diese Weise gelang es, den Einsteineffekt von den übrigen Sekundärerscheinungen scharf zu trennen und eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Rechnung und Experiment zu erzielen.

Zu dem gleichen Ergebnis, wie die Vorgenannten, aber auf dem umgekehrten Weg gelangte Barnett[3]), welcher die Richtigkeit der schon von Maxwell, Richardson, Schuster usw. geäußerten Theorie experimentell erweisen konnte, daß rasche Rotation eines Eisenstabs um seine Achse eine Änderung der Orientierung der im Stab kreisenden Elektronen und infolge davon eine Magnetisierung in Richtung der Stabachse zur Folge haben müsse. Der schwierige Versuch gelang ihm dadurch, daß er die Mitten von zwei möglichst identischen, senkrecht zum Erdfeld orientierten Eisenstäben mit Spulen von etwa 5000 Windungen umgab, die in Gegenschaltung mit einem hoch empfindlichen ballistischen Galvanometer verbunden waren, so daß eine geringe Schwankung des Erdfeldes vermittels der Spulen auf das Galvanometer in entgegengesetzter Richtung wirkte. Tatsächlich erhielt man den erwarteten Ausschlag von 1 bzw. 2 Skalenteilen, wenn einer der beiden Stäbe mit 20 bzw. 40 Umdr./s in Drehung versetzt wurde.

Theorie des Dia-, Para- und Metamagnetismus. Die schwierigen theoretischen Untersuchungen von Gans[4]) über den Mechanismus der verschiedenen magnetischen Vorgänge, die auf Langevinschen Theorien aufgebaut, aber durchaus selbständig weiter entwickelt wurden, führten namentlich bei Zuhilfenahme der Quantentheorie zu befriedigender Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen von Honda und von Kamerlingh-Onnes.

Suszeptibilität von paramagnetischen Flüssigkeiten und von Gasen. Die Bestimmung der Suszeptibilität paramagnetischer Substanzen stößt bekanntlich wegen der sehr geringen Wirkungen des Magnetfeldes auf diese Körper besonders dann auf die größten Schwierigkeiten, wenn es sich um sehr verdünnte Lösungen handelt, und doch ist gerade dies der theoretisch interessanteste Fall, da mit abnehmender Konzentration die Suszeptibilität einer Grenze zustrebt, welche der vollkommenen Ionisierung des betreffenden Salzes entspricht. Da die gewöhnliche Steighöhenmethode hier versagt, haben Piccard und Cherbuliez[5]) eine Modifikation derselben mit einer 10- bis 100fachen Genauigkeit ersonnen. Das Meßgefäß hat die Form eines geschlossenen Ringes, dessen unterer Teil die Lösung, dessen oberer das Lösungsmittel aufnimmt; beide sind natürlich an der Grenze nicht scharf getrennt. Die eine Trennungsfläche befindet sich zwischen den Polen eines Elektromagnets. Mittels eines Kathetometers kann das Gefäß so lange gehoben bzw. gesenkt werden, bis sich die Flüssigkeitssäule nicht mehr verschiebt. Als Index hierfür dienen kleine Schwimmkörperchen in einem kapillar verengerten Teil der Röhre, die mit dem Mikroskop beobachtet werden. Infolge der Verengerung ist natürlich die Verschiebung sehr viel größer, als diejenige eines gewöhnlichen Meniskus, dessen kapillare Wirkungen hier ebenfalls fortfallen. Endlich trägt es auch zur Erhöhung der Genauigkeit bei, daß man direkt die Differenz der Suszeptibilitäten von Lösung und Lösungsmittel erhält und nicht, wie sonst, jede einzeln bestimmen muß.

Auf ähnlichem Prinzip beruht der Apparat von Roop[6]) zur Bestimmung der Suszeptibilität von Gasen, der schon 1913 konstruiert, aber neuerdings in

verschiedener Beziehung verbessert wurde. Auch hier befindet sich das zu untersuchende und außerdem ein magnetisch möglichst indifferentes Gas, z. B. Kohlensäure, in der unteren bzw. oberen Hälfte eines kreisförmigen Manometerrohrs, die beide zunächst noch voneinander getrennt sind, aber durch gleichzeitiges Öffnen zweier diametral gegenüberliegender Hähne in Verbindung gesetzt werden können. Läßt man dann kurze Zeit auf eine der Trennungsschichten ein starkes Feld wirken, so wird die Trennungsschicht um eine Strecke l verschoben, aus der die Differenz der Suszeptibilitäten der beiden Gase berechnet werden kann. Die Länge l bestimmt man indirekt dadurch, daß man noch während der Wirkung des Feldes die Hähne wieder schließt, den Inhalt der beiden Röhrenhälften auspumpt und analysiert, und zwar muß die eine Hälfte ebensoviel vom stärker magnetisierbaren Gas gewonnen, wie die andere verloren haben. Diese Volumendifferenz, dividiert durch den sehr gleichmäßigen Querschnitt der Röhre, gibt die gesuchte Strecke l; natürlich muß die Diffusion der Gase ineinander während der Beobachtungszeit durch vorläufige Versuche ermittelt und in Rechnung gezogen werden. Für die Suszeptibilität des Sauerstoffs gegen Kohlensäure, die der Verfasser zunächst als unmagnetisch betrachtet, findet er den Wert $1,46 \cdot 10^{-7}$. Eine Abhängigkeit der Suszeptibilität von der Feldstärke war zwischen 1000 und 7500 Gauß nicht nachweisbar.

Magnetisierbarkeit von Nickel-Kupfer-Legierungen und von Eisenzunder. Bei den Legierungen von Nickel mit Kupfer sollte man annehmen, daß das diamagnetische Kupfer nur die Rolle eines magnetisch indifferenten Lösungsmittels spielt, wie auch nach Angabe der Metallurgen die Legierungen Nickel-Kupfer eine ununterbrochene Reihe von festen Lösungen bilden sollen. Die magnetischen Messungen von Weiß und Adler[7]) haben jedoch unzweifelhaft die Existenz einer neuen, vollkommen unmagnetischen Verbindung Ni_2Cu_3 erwiesen. Der Sättigungswert sinkt mit wachsendem Kupfergehalt von dem bekannten Sättigungswert des Nickels bis auf den Wert Null bei dieser Verbindung, und entsprechend der magnetische Umwandlungspunkt von 645^0 abs. bis auf 0^0 abs. Auch die Legierungen mit höherem Kupfergehalt zeigten nur ganz geringe Magnetisierbarkeit.

Die elektrischen und magnetischen Eigenschaften des Zunders von legierten Blechen bestimmte Ball[8]). Die chemische Zusammensetzung desselben ergab sich zu 78% Fe, 5,7% Si, 0,2% Mn, 0,18% C, 14,5% O, der elektrische Widerstand zu 0,53 Ω für 1 m/mm²; die magnetischen Eigenschaften waren sehr ähnlich denjenigen des Gußeisens, nur etwas schlechter (für $\mathfrak{H} = 150$ Gauß: $\mathfrak{B} = 8500$ gegen 10500 bei Gußeisen).

Reines Eisen, Eisenlegierungen. Die Herstellung von reinem Eisen und Eisenkohlenstoff-Legierungen bespricht ein Aufsatz von Cain, Schramm und Cleaves[9]). Da das Material zur Neubestimmung des Zustandsdiagramms des Systems Eisen-Kohlenstoff dienen sollte, mußte es nicht nur frei von festen, sondern auch von gasförmigen Verunreinigungen sein; hierzu war ein Umschmelzen des elektrolytisch gewonnenen Materials im Vakuum erforderlich, wobei wiederum aus den Schmelztiegeln leicht Verunreinigungen aufgenommen werden können. Die zahlreichen und mitunter schwer zu beseitigenden Fehlerquellen werden eingehend diskutiert. Das Ergebnis der Versuche befriedigte, denn die durch Analyse am fertigen Material festgestellten Verunreinigungen betrugen insgesamt nur 0,04%.

Tr. D. Yensen[10]), der schon früher auf die außerordentliche Verbesserung von Elektrolyteisen mit und ohne Siliziumzusatz durch Umschmelzen im Vakuum hingewiesen hatte (vgl. JB 1914, S 193; 1915, S 199), machte einen entsprechenden Versuch mit käuflichem, möglichst reinem Material von insgesamt 0,16% Verunreinigungen und erzielte auch damit sehr günstige Resultate. Nach dem Umschmelzen und Ausschmieden wurden die Proben noch bei 1100^0 im Vakuum geglüht; man erhielt dann eine Koerzitivkraft von nur etwa 0,35 Gauß und eine Maximalpermeabilität von 13000 bis 20000, während die entsprechenden Werte für unlegiertes Elektrolyteisen 0,25 bzw. 25000 gewesen waren. Die

Verbesserung durch das Umschmelzen scheint nach dem metallographischen Befund hauptsächlich auf Entgasung zurückzuführen zu sein.

Nach den von Applegate[11]) mit der du Boisschen Wage ausgeführten Versuchen werden durch geringen Zusatz von Titan bis zu etwa 1% die magnetischen Eigenschaften des Eisens erheblich verbessert, nämlich die Permeabilität erhöht, der Hystereseverlust verringert, während größere Zusätze eine stark verschlechternde Wirkung hervorbringen.

Magnete aus Chromstahl. Gumlich[12]) gibt einen vorläufigen Bericht über einige in der Physikal.-Techn. Reichsanstalt ausgeführte Versuche zur Ermittelung der magnetischen Eigenschaften und der Haltbarkeit von Chromstahlmagneten, die als Ersatz von Wolframmagneten dienen sollen. Zu den Messungen wurde eine größere Zahl von der Firma Krupp hergestellter Stäbe von 22 cm Länge und 0,6 cm Durchmesser mit sehr verschiedenem Gehalt an Chrom und Kohlenstoff verwendet, die bei verschiedenen Temperaturen gehärtet waren, und zwar kam in Betracht: die wahre Remanenz R, die Koerzitivkraft K, das als Maß für die Leistungsfähigkeit zu betrachtende Produkt RK, ferner die Abnahme der scheinbaren Remanenz durch Dauererwärmung auf 100^0, durch zyklische Erwärmungen zwischen 20^0 und 100^0, durch wiederholte Erschütterungen und durch Lagern während dreier Monate; außerdem wurde der Temperaturkoeffizient des magnetischen Moments zu etwa $2{,}4 \cdot 10^{-4}$ im Durchschnitt ermittelt. Ein Vergleich mit fünf der besten, in der Reichsanstalt untersuchten Wolframstahlproben ergab, daß geeignete Chromstahllegierungen den Wolframstählen mittlerer Güte nach jeder Richtung hin gleichkommen, wenn sie auch die besten Wolframlegierungen nicht völlig erreichen.

Wirkung von Temperaturänderungen und mechanischen Beanspruchungen auf die Remanenz. Nach einer Reihe von wechselnden Erwärmungen und Abkühlungen wird bekanntlich der remanente Magnetismus von Eisen und Stahl in bezug auf Temperaturänderungen reversibel. Elias[13]) bestimmte diesen Temperaturkoeffizienten zwischen etwa 10^0 und 100^0 nach der magnetometrischen und ballistischen Methode an Stäben verschiedener Dimensionsverhältnisse und an geschlitzten Ringen und fand für weiches Eisen eine Gesamtabnahme von etwa 4%, für harten Stahl von 1 bis 2%, für weichen Stahl von 9 bis 13%, für Klaviersaitendraht, wo die Dimensionsverhältnisse eine erhebliche Rolle spielten, unter Umständen sogar eine Zunahme. (Dies hatte früher schon Ashworth festgestellt; d. Ref.) Im allgemeinen wird der Temperaturkoeffizient mit wachsendem magnetischen Moment kleiner.

Die Wirkung von Erschütterungen, von Torsion und Biegung auf den remanenten Magnetismus untersuchte Becknell[14]) an verschieden harten Eisen- und Stahlstäben; dieselben wurden zunächst in einer Spule bis zur Sättigung magnetisiert und die Verteilung des remanenten Magnetismus durch Abziehen einer mit dem ballistischen Galvanometer verbundenen Induktionsspule ermittelt. Sodann wurde der Stab dem betreffenden mechanischen Zwang ausgesetzt, beispielsweise einer Torsion oder einer Biegung innerhalb der Elastizitätsgrenze, und nach dessen Aufhören die magnetische Messung wiederholt; die Abnahme des Induktionsflusses für eine bestimmte Stelle des Stabes bezeichnet der Verfasser als „Entmagnetisierung". Diese erreichte bei der Torsion im Verhältnis zum anfänglich vorhandenen Induktionsfluß für jeden einzelnen Punkt denselben Betrag, änderte sich aber, absolut genommen, mit der Größe des Torsionswinkels. Nach der Biegung des einseitig eingeklemmten Stabes lag das Maximum der Entmagnetisierung in der Mitte zwischen Einklemmstelle und Stabmitte. Durch Erschütterungen von bestimmter Stärke konnte nur ein bestimmter Prozentsatz der Magnetisierung beseitigt werden, die sich bald einer Grenze näherte; stärkere Erschütterungen derselben Art brachten jedoch eine weitere Entmagnetisierung hervor.

Fast in allen Fällen konnte der Verfasser die Ergebnisse auch durch Formeln hinreichend genau darstellen.

Meßanordnungen für ferromagnetische Stoffe. Die von Campbell und

Dye[15]) angegebene Anordnung zur Bestimmung der Magnetisierungskurve bis zu etwa 3800 Gauß hinauf entspricht im wesentlichen einer Kombination der verbesserten Isthmusmethode und der Joch-Isthmusmethode von Gumlich (vgl. JB 1914, S 197); die geringfügigen grundsätzlichen Abweichungen bedeuten keine Verbesserung und können deshalb unerörtert bleiben.

Auf dem auch bei der Isthmusmethode verwendeten Prinzip, die Feldstärke des Stabes in dessen unmittelbarer Nähe zu messen und mit der im Innern des Stabes herrschenden zu identifizieren, beruht die Anordnung von Beattie[16]), der durch einen Spalt in der Magnetisierungsspule eine halbkreisförmige, mit dem ballistischen Galvanometer verbundene Induktionsspule einführt und an die Staboberfläche andrückt; der beim Herausziehen der Spule oder beim Kommutieren des Magnetisierungsstroms hervorgebrachte Galvanometerausschlag soll dann der gesuchten Feldstärke proportional sein. Nach den in der Reichsanstalt schon vor mehreren Jahren ausgeführten Versuchen ist dies Prinzip jedoch nur dann anwendbar, wenn es sich um verhältnismäßig hohe Feldstärken an nahezu streuungsfreier Stelle handelt; bei einer geschlitzten und daher stark streuenden Spule, wie sie der Verfasser verwendet, sind einigermaßen zuverlässige Messungen nach dieser Methode ausgeschlossen.

Der starke Bedarf von Zündmagneten für Kriegsautos usw. erforderte in England die Konstruktion eines Apparats zur raschen und einigermaßen sicheren Feststellung des Kraftlinienflusses und der Koerzitivkraft von Hufeisenmagneten; folgende Anordnung von Betteridge[17]) erwies sich als brauchbar: Beide Schenkel des zu untersuchenden Magnets werden in zwei vertikale Magnetisierungsspulen gestellt und stehen mit den Polen auf zwei nur durch einen schmalen Spalt voneinander getrennten Ankerstücken aus weichem Eisen. In dem Spalt kreist eine durch einen Motor in gleichmäßige Bewegung versetzte und mit einem Kupferrand versehene Scheibe aus weichem Eisen. Beim Rotieren der Scheibe entsteht zwischen Rand und Achse eine Spannung, die mittels zweier Kohlenbürsten abgenommen und mit dem Millivoltmeter gemessen wird. Da sie bei gleichmäßiger Umdrehungszahl proportional dem Kraftlinienfluß im Spalt ist, so kann sie auch als Maß für den letzteren dienen, und es läßt sich mit der Vorrichtung nicht nur die gerade vorhandene Remanenz bestimmen, sondern auch mit Hilfe der Magnetisierungsspulen eine ganze Hystereseschleife aufnehmen, wobei natürlich wegen der Luftschlitze eine Scherung anzubringen sein wird. Die Aufnahme einer Schleife soll nur 30 bis 40 s in Anspruch nehmen. Um Magnete verschiedener Form mit denselben Spulen untersuchen zu können, sind diese hinreichend weit gewählt und gegeneinander verschiebbar angeordnet.

Die bei magnetischen Messungen an ringförmigen Probestücken von einiger Breite anzubringende Korrektion berechnet Velander[18]) und gelangt zu dem Ergebnis, daß die von Niethammer (Diss. Zürich 1898) angegebene Korrektion erheblich zu hoch sei und daß speziell die in der Technik vielfach verwendete Möllingersche Form, bei welcher die Breite nur $^2/_{10}$ des Durchmessers beträgt, für Permeabilitätsmessungen auch bei großen Ansprüchen an Genauigkeit überhaupt keiner Korrektion bedürfe, wohl aber bei der Bestimmung von Wirbelstromkoeffizienten. Im Anschluß daran führt Niethammer[19]) aus, daß bei niedrigen und hohen Induktionen für den Ringradius das von ihm früher empfohlene harmonische Mittel, bei mittleren Induktionen dagegen das arithmetische Mittel aus dem inneren und äußeren Radius des Proberings das beste Ergebnis liefert; seine früheren Ausführungen bleiben also für die meisten Fälle richtig.

Von grundsätzlicher Wichtigkeit ist ein Aufsatz von Rogowski[20]), in dem der Verfasser nachweist, daß und auf welche Weise es möglich ist, den Energieverbrauch auch in einzelnen Teilen eines magnetischen Kreises zu messen. Er faßt die übliche Leistungsmessung mit dem Wattmeter beim bewickelten Ring oder beim Epsteinschen Apparat als eine Messung des gesamten Pointingschen elektromagnetischen Energieflusses auf, der durch eine Ebene hindurchtritt, die an der Meßstelle Energiequelle und Energieverbraucher voneinander trennt. Einem geradlinigen magnetisierten Eisenstück, wie es etwa

in der Mitte der Epsteinbündel vorhanden ist, fließt in der Sekunde eine Energiemenge zu, deren Wert proportional dem Produkt aus elektrischer und magnetischer Spannung ist. Da man nun die elektrische Spannung mit Hilfe einer Induktionsspule, die magnetische mittels des Spannungsmessers von Rogowski und Steinhaus (JB 1912, S 188) bestimmen kann, so muß grundsätzlich auch die Messung der Energie, welche einem derartigen Stück zufließt, mittels des Wattmeters möglich sein, wenn man die Spannungsspulen des Wattmeters mit einer um das betreffende Stück gelegten Induktionsspule, die Stromspule aber mit dem Spannungsmesser verbindet, dessen Enden auf die Enden des zu messenden Stückes aufgesetzt werden. In dieser Form ist die Messung allerdings wegen der zu geringen Empfindlichkeit der gebräuchlichen Wattmeter nicht ohne weiteres ausführbar, sie gelang aber durch einen etwas verwickelten Kunstgriff, auf den hier nicht näher eingegangen werden kann.

Einfluß von Feldern hoher Frequenz auf die magnetischen Eigenschaften des Eisens. Die früher von Gerosa und Finzi u. a. beobachteten Änderungen der Magnetisierungskurven von Eisendraht, auf welchen neben dem langsam veränderlichen Feld der Magnetisierungsspule noch rasche Wechselfelder verschiedener Größe und Periodenzahl wirken oder welcher gleichzeitig seiner ganzen Länge nach von Wechselstrom verschiedener Intensität und Periodenzahl durchströmt wird, untersuchten Fleming und Coursey[21]) mittels eines von ersterem konstruierten Kurvenprojektors. Nur im letzteren Falle wird bei nicht zu raschem Wechseln (etwa 80 in 1 s) eine erhebliche Vergrößerung der Permeabilität und Verringerung des Hystereseverlustes erzielt, in allen übrigen Fällen bringt die gleichzeitige Anwendung eines rasch wechselnden longitudinalen Feldes zwar zumeist eine Vergrößerung der Maximalinduktion für eine bestimmte Feldstärke hervor, gleichzeitig aber auch eine Vermehrung des Hystereseverlustes.

Über die Abhängigkeit der Gansschen reversibeln Permeabilität von der Schnelligkeit der Magnetisierungswechsel nach Versuchen von Erhardt (Diss. Königsberg) berichtet W. Kaufmann[22]). Man erhält diese reversible Permeabilität, wenn man auf der Nullkurve über eine bestimmte Feldstärke ein zweites kleines Feld lagert, welches das erste schwächt, und dann mit diesem zweiten Feld wieder auf Null zurückgeht; das Verhältnis der Änderung der Induktion zur Änderung der Feldstärke $\mu = \frac{-\delta \mathfrak{B}}{-\delta \mathfrak{H}}$, das nach einer Reihe von Zyklen konstant wird, bezeichnet Gans als reversible Permeabilität. Ein Grenzfall derselben ist die sog. Anfangspermeabilität, also die Permeabilität für das Feld $\mathfrak{H} = 0$, und da sich dies als ziemlich weitgehend unabhängig von der Frequenz der Magnetisierung erwiesen hat, lag die Vermutung nahe, daß dies auch mit der reversibeln Permeabilität der Fall sein würde. Zu den Versuchen wurde zur Vermeidung der Wirbelströme ein mit primären und sekundären Windungen bewickelter Ring aus besonders dünnem Eisendraht benutzt, der in einem mit variabler Kapazität und Induktivität versehenen Resonanzkreis lag, welcher mit einem durch Stoßerregung gespeisten Schwingungskreis sehr schwach gekoppelt war. Nach Herstellung der Resonanz wurde die sekundäre Wicklung des Ringes kurz geschlossen und so viel Induktivität zugeschaltet, daß wieder Resonanz eintrat; der Zuwachs entspricht dann der Induktivität der Sekundärwicklung. Es ergab sich, daß die reversible Permeabilität wenigstens bis zu 10^6 Schwingungen in der Sekunde innerhalb der sehr geringen Grenzen der Beobachtungsfehler von der Schwingungszahl völlig unabhängig war.

Den im Elektromaschinenbau gebräuchlichen Begriff der magnetischen Leitfähigkeit führt Faßbender[23]) auch in die Berechnung hochfrequenter magnetischer Kreise ein, und zwar unter der Annahme, daß für ein bestimmtes Raumelement die wahre Permeabilität von der Frequenz unabhängig ist, was nach des Verfassers Untersuchungen an Heuslerschen Legierungen bis zur Frequenz 150000 als richtig angenommen werden darf, während die schein-

bare Permeabilität wesentlich vom jeweiligen Hauteffekt abhängt. Die ziemlich komplizierten mathematischen Entwicklungen beziehen sich auf kreisrunden Querschnitt und auf Bleche bzw. Blechpakete; im ersteren Fall treten Beßelsche Funktionen auf, die sich aber unter Umständen durch Näherungsformeln ersetzen lassen, im zweiten, einfacheren Fall Exponentialfunktionen. Im Endresultat ergeben sich einfache Formeln, die der Verfasser zur Durchrechnung eines speziellen Falles benutzt, nämlich eines mit der Frequenz 10000 erregten magnetischen Kreises, der aus einem massiven Jochstück aus Schmiedeeisen, zwei Polstücken aus dünnem, legiertem Blech und einem schmalen Luftspalt besteht.

[1]) Einstein, Verh. D. Phys. Ges. 1916, S 173. — [2]) de Haas, Proc. Amsterdam Bd 18, S 1281. — [3]) Barnett, Phys. Rev. R 2, Bd 6, Nr 4, 1915. — Electr. (Ldn.) Bd 77, S 76. — [4]) Gans, Ann. d. Phys. R 4, Bd 49, S 149; Bd 50, S 160. — [5]) Piccard u. Cherbuliez, Actes de la Soc. Helv. des sciences nat. Genève 1915 (2), S 331. — [6]) Roop, Phys. Rev. Bd 7, S 529. — [7]) Weiß u. Adler, Arch. scienc. phys. et nat. Genève R 4, Bd 41, S 503. — [8]) Ball, Journ. Franklin Inst. Bd 181, Nr 4. — El. Masch.-Bau 1916, S 629. — [9]) Cain, Schramm u. Cleaves, Bull. Bur. of Standards Bd 13, 1. — [10]) Yénsen, Electr. (Ldn.) Bd 77, S 533. — [11]) Applegate, Rensselaer Pol. Inst. Bd 5, S 1, 1915. — Ann. Phys. Beibl. 1916, S 203. — [12]) Gumlich, ETZ 1916, S 592. — [13]) Elias, Proc. Amsterdam Bd 18, S 1068. — [14]) Becknell, Phys. Rev. R 4, Bd 8, S 504. — [15]) Campbell u. Dye, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 642. — [16]) Beattie, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 781. — [17]) Betteridge, Electr. (Ldn.) Bd 78, S 213. — [18]) Velander, El. Masch.-Bau 1916, S 5. — [19]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1916, S 161. — [20]) Rogowski, Arch. El. Bd 4, S 279. — [21]) Fleming u. Coursey, Electr. (Ldn.) Bd 76, S 738. — [22]) Kaufmann, Phys. Z. 1916, S 552. — [23]) Faßbender, Arch. El. Bd 4, S 140.

XV. Messung elektrischer Lichtquellen.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. B. Monasch.

Aus der Wienschen Strahlungsgleichung

$$E_\lambda = c_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-c_2/\lambda T}$$

folgt, daß log E_λ eine lineare Funktion von $1/T$ ist. Trägt man also als Abszissen die Werte von $1/T$ und als Ordinaten die zugehörenden Werte der Logarithmen der photometrischen Helligkeit für bestimmte Wellenlängen auf, so ergeben sich gerade Linien, die „logarithmischen Isochromaten". Bereits Lummer und Pringsheim hatten gefunden, daß beim Vergleichen der Hohlraumstrahlung, die als nahezu schwarze Strahlung angesehen werden kann, mit der Strahlung einer Kohlenfadenlampe alle Isochromaten sich in einem einzigen Punkte schneiden. Dies besagt, daß bei einer bestimmten Temperatur, die durch die Abszisse des Isochromatenschnittpunktes des schwarzen Körpers gegeben ist, die Vergleichslichtquelle (Kohlenfadenlampe) die gleiche Energieverteilung wie der schwarze Körper selbst hat, also wie ein „grauer Körper" strahlt, und daß dieser Schnittpunkt die wahre Temperatur der Vergleichslichtquelle angibt. Diese Annahme Lummers ist von Elisabeth Benedict[1]) durch eine große Zahl von spektralphotometrischen Messungen an dem schwarzen Körper experimentell bestätigt worden, wobei Kohlenfadenlampen und der positive Krater einer Bogenlampe bei Normaltemperaturen als Vergleichslichtquelle dienten. Die Untersuchungen wurden dann weiter auf selektiv strahlende Lichtquellen wie Platin-, Osmium-, Wolfram-, Nernstlampe und Auerglühkörper ausgedehnt. Bei diesen Strahlern schneiden sich die Isochromaten nicht in einem einzigen Punkte. Das Vorhandensein mehrerer Schnittpunkte der Isochromaten ist geradezu ein Kriterium für das Vorhandensein selektiver Strahlung.

Halbertsma[2]) vereinigte verschiedene Lichtstromdiagramme einfacher Lichtquellen zu einem resultierenden Diagramm, das ein Bild der resultierenden Lichtverteilung gab. Dieses resultierende Diagramm wurde zur Untersuchung des Einflusses der primären Lichtquelle zur sekundären Lichtquelle (Armatur) auf die Lichtverteilung benutzt. Auf diese Weise wurde die Lichtverteilung eines diffusen Reflektors von kugelförmiger Gestalt untersucht. Da die vollkommen diffuse Reflexion (matte Oberfläche) in der Beleuchtungstechnik nur selten benutzt wird, da glänzende Oberflächen zur leichteren Reinigung erforderlich sind (weiße Emaille, Milchglas, weißer Lack), welche außer der diffusen Reflexion noch spiegelnde Reflexion zeigen, untersuchte Halbertsma die Größe des Bestandteiles der spiegelnden Reflexion. Diese Untersuchung ließ sich auf Grund der Erscheinung durchführen, daß diffus leuchtende Flächen einfacher Lichtquellen einfache geometrische Figuren als Lichtstromdiagramm liefern. Da die spiegelnde Reflexion dem Lambertschen Gesetze nicht folgt, erzeugt sie Abweichungen der auf das Lambertsche Gesetz gegründeten Figuren des Lichtstromdiagramms.

Das Lichtstromdiagramm bewährte sich auch bei dieser Untersuchung über den Anteil der spiegelnden Reflexion bei der gemischten Reflexion als diejenige Darstellung, die Trugschlüsse über den Anteil der spiegelnden Reflexion verhindert. Das Lichtstromdiagramm zeigt, daß der Anteil der spiegelnden Reflexion 10% niemals überschreitet und gewöhnlich geringer ist. Die übertriebene Bedeutung, die dagegen der spiegelnden Reflexion bei gemischt reflektierenden Reflektoren oft zugeschrieben wird und die sich in einer Konstruktion von ein- und ausfallenden Lichtstrahlen unter gleichen Winkeln und in dem entsprechenden Entwurf besonderer Reflektorformen äußert, ist in erster Linie der Irreführung durch die Lichtverteilungskurve zuzuschreiben.

Schließlich untersuchte Halbertsma die Lichtverteilung eines aus mehreren Drähten bestehenden Leuchtsystems in verschiedenen Anordnungen.

Ives[3]) beschreibt ein „künstliches Auge", ein Photometer, welches die Eigenheiten des normalen Auges als Instrument wiedergibt. Das Instrument von Ives ist ein Präzisionsapparat in dem Sinne, daß die Empfindlichkeitskurve irgendeiner Wellenlänge genau wiedergegeben werden kann. Der Apparat besteht aus einem Spektrometer, das ein Spektrum entwirft. Die Strahlen gehen durch eine Abschwächvorrichtung und werden dann auf der Lötstelle eines Thermoelements wieder vereinigt. Die Lötstelle besteht aus einer Wismut-Zinn- und Wismut-Antimon-Verbindung im Vakuum.

Halbertsma[4]) untersuchte die Wirkung der Ringblende bei der Ulbrichtschen Kugel, die bei den Messungen außerhalb der Ulbrichtschen Kugel vor der Milchglasscheibe angebracht wird. Die Bedeutung der Blende liegt darin, daß sie eine äquivalente Leuchtfläche für den vom Photometer aus sichtbaren Teil des Milchglasfensters darstellt, d. h. man kann sich das Milchglasfenster als Lichtquelle durch die Öffnung der Kreisblende ersetzt denken, wobei diese gleiche Flächenhelle wie das Milchglasfenster aufweist. Von dieser äquivalenten Leuchtfläche aus, die auf den Teilstrich 0 der Photometerbank eingestellt werden kann, ist die Entfernung zum Photometer zu rechnen. Auf diese Weise erübrigt sich die Anbringung einer Korrektur bei den Photometerablesungen, die ohne Blende erforderlich wäre, da die Konstruktion der Photometerbank es gewöhnlich nicht gestattet, den Nullpunkt der Bank senkrecht unter das Milchglasfenster zu bringen. Der Fehler, der bei der Messung dadurch begangen wird, daß man die Entfernung von dem Milchglasfenster an rechnet, anstatt von der Blende, kann eine beträchtliche Größe annehmen.

Skogland[5]) hat eine Tafel zur direkten Auswertung der Charakteristika der Vakuum-Wolframlampen entworfen, deren Gebrauch bei häufigen Arbeiten auf diesem Gebiete eine erhebliche Zeitersparnis gestattet. Die Tafel beruht auf der Erkenntnis, daß für alle Wolfram-Vakuumglühlampen innerhalb eines sehr weiten Bereiches die charakteristischen Kurven der Spannung, Stromstärke

und Lichtstärke ohne Rücksicht auf die Herkunft oder Fabrikationsmethode dieselben sind.

Middlekauf und Skogland[6]) haben über die Photometrie der Wolframglühlampen mit Gasfüllung Erfahrungen mitgeteilt. Da bei diesen Lampen der Glühkörper zu einer Spirale gewunden ist, wird, wenn man senkrecht zur Lampenachse beobachtet, die Lichtstrahlung eines Teiles der Spirale mehr oder weniger von anderen Teilen behindert. Wegen der Lücke zwischen den beiden Zuleitungen ist in der Glühkörperanordnung eine Unsymmetrie vorhanden. Dementsprechend flackert das Licht auf dem Photometerschirm außerordentlich stark, wenn man die Lampe beim Photometrieren mit den üblichen Umlaufzahlen rotieren läßt; infolgedessen ist ohne Hilfsapparate die Bestimmung der mittleren horizontalen Lichtstärke praktisch unmöglich. Diese Schwierigkeit wird behoben, wenn man hinter der Lampe zwei gegeneinander geneigte Spiegel aufstellt, so daß der Photometerschirm gleichzeitig durch das direkte und das reflektierte Licht beleuchtet wird. Auch Robinson[7]) fand, daß die Form der Glühspirale bei den Wolframlampen mit Gasfüllung großen Einfluß auf die Lichtverteilung in horizontaler Richtung ausübt. Die sphärischen Reduktionsfaktoren von vier verschiedenen Spiraldrahtanordnungen lagen zwischen 0,74 und 1,01.

Untersuchungen über Licht und Elektrizität im Selen sind von Greinacher[8]) ausgeführt worden:

Bei eingehender Untersuchung der Abhängigkeit des Widerstandes einiger Selenzellen von der Stärke des hindurchfließenden Stromes wurde eine neue Entdeckung am Selen gemacht. Es zeigte sich nämlich, daß Selen gegen Wechselstrom in gleicher Weise wie gegen Licht empfindlich ist. Der Dunkelwiderstand des Selens, also der elektrische Widerstand unbelichteten Selens, wächst bekanntlich mit der Einwirkungsdauer eines hindurchfließenden Gleichstromes. Bei der Messung dieses Dunkelwiderstandes zeigte es sich, daß der Widerstand größer war, wenn der als Meßstrom angelegte Gleichstrom dem Dauerstrom entgegengesetzt gerichtet war. Wenn der Meßstrom in Richtung des vorher angeschlossen gewesenen Dauerstromes durch das Selen hindurchfloß, erhielt man einen kleineren Widerstand. Es wird somit eine Stromrichtung begünstigt; wir haben eine Gleichrichterwirkung vor uns. Wenn nun ein Wechselstrom angelegt wird, muß eine Gleichrichterwirkung, eine teilweise Umwandlung in Gleichstrom, bemerkbar sein. Eine Nachprüfung bestätigte diesen Gleichrichtereffekt. Bei Widerstandsmessung während des Hindurchströmens von Wechselstrom trat aber dann die noch unbekannte Erscheinung auf, daß der Dunkelwiderstand unter dem Einfluß des Wechselstromes abnahm in der gleichen Weise, als wenn das Selen dem Einfluß von Licht ausgesetzt wird. Und zwar ist die Abnahme des Widerstandes angenähert proportional der Stromstärke des Wechselstromes. Überraschenderweise erfolgt die Widerstandsänderung durch Wechselstrom ohne Trägheit, ohne das bei den Belichtungsversuchen und der praktischen Anwendung des Selens so unangenehm empfundene Nachhinken der Widerstandsänderung hinter der Belichtungsänderung. In gleicher Weise wie die Lichtempfindlichkeit des Selens nimmt auch seine Wechselstromempfindlichkeit mit steigender Temperatur ab. Ferner verhalten sich verschiedene Selenzellen ungleicher Lichtempfindlichkeit in entsprechender Weise verschieden empfindlich gegen Wechselstrom. Die Versuche wurden mit Wechselstrom niedriger Frequenzzahlen durchgeführt; hohe Frequenzen bewirken eine Widerstandszunahme des Selens.

[1]) Elisabeth Benedict, Dissertation Breslau Univ. Ann. d. Phys. R 4, Bd 47, S 641. — [2]) Halbertsma, Dissertation Darmstadt, Helios Fachz. 1916, S 305, 313, 321, 329. — [3]) Ives, El. World Bd 66, S 1437; Bd 67, S 499. — [4]) Halbertsma, Z. Beleucht. 1916, S 43. — [5]) Skogland, Z. Beleucht. 1916, S 44. — [6]) Middlekauf u. Skogland, Bull. Bur. Standards Bd 12, S 587. — Z. Beleucht. 1916, S 111. — [7]) Robinson, Z. Beleucht. 1916, S 157. — [8]) Greinacher, El. Masch.-Bau 1916, S 293, 308.

XVI. Elektrochemie.

(Wissenschaftlicher Teil.)

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Leitfähigkeit und Überführungszahl. H. Goldschmidt[1]) hat in Alkohol, dem wachsende Wassermengen zugesetzt wurden, die Leitfähigkeit einer Anzahl schwächerer organischer Säuren z. B. Dichloressigsäure, untersucht. In allen Fällen änderte sich die Leitfähigkeit durch den Wasserzusatz in der gleichen Weise. Nach der Annahme von Goldschmidt wird sie durch die Konstante des Gleichgewichtes, das sich zwischen Wasserstoffion, Alkohol und Wasser einstellt, und einen allen Säuren gemeinsamen Faktor $1 + 0{,}9\,n + 0{,}3\,n^2$ geregelt, worin n den Wassergehalt des Alkohols bedeutet. Die Leitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung wurde z. B. für Dichloressigsäure zu 94, ihre Affinitätskonstante zu $5{,}2 \cdot 10^{-8}$ gefunden.

Ebenfalls in Gemischen von Äthylalkohol und Wasser hat H. Krumreich[2]) die Überführungszahl des Silberions ermittelt, erstens unmittelbar nach dem Hittorfschen Verfahren und zweitens mittelbar nach Nernst aus der Spannung von Konzentrationsketten. Wegen der sehr geringen Leitfähigkeit der alkoholreichen Silbernitratlösungen waren die bei 40° durchgeführten Messungen schwierig und erforderten besondere Vorkehrungen. Die Überführungszahl steigt von 0,478 für wässerige Lösung auf 0,493 bei 20% Alkohol und fällt dann fast geradlinig ab bis 0,410 für wasserfreien Alkohol.

Geschmolzenes Chlorsilber, Bromsilber und Jodsilber, deren Leitfähigkeit schon von Kohlrausch sowie von Arndt und Geßler gemessen ist, wurden durch R. Lorenz und A. Höchberg[3]) neuerdings untersucht. Das folgende Täfelchen gibt einen Auszug aus ihren Zahlen; die Leitfähigkeiten sind, wie üblich, in Siemens auf 1 cm³-Würfel angegeben.

Temperatur	Chlorsilber	Bromsilber	Jodsilber
600°	4,438	3,390	2,173
650°	4,554	3,464	2,207
700°	4,655	3,523	2,239
750°	4,735	3,580	2,267
800°	4,805	3,630	2,295

Die Kurven, welche die Leitfähigkeit als Funktion der Temperatur darstellen, sind bei allen drei Silbersalzen nicht gerade, sondern schwach nach oben gewölbt.

Ketten. Zu dem alten Problem der Brennstoffkette, nämlich der großen Aufgabe, durch Verbrennen unmittelbar elektrische Energie zu gewinnen, haben Emil Baur, Agnes Petersen und G. Füllemann[4]) einige neue wissenschaftliche Beiträge geliefert. Sie benutzten die Oxyde von Kupfer, Nickel, Eisen oder Blei als Sauerstoffüberträger. Als Elektrolyt diente geschmolzener Borax oder Glas; der in die Schmelze tauchende Kohlenstab war von der Oxydelektrode durch ein dünnwandiges Porzellanrohr getrennt; die Arbeitstemperaturen betrugen 700 bis 1300°. Die erhaltenen EMK lagen zwischen 0,5 V (Bleioxyd) und 1,2 V (Kupferoxyd). Durch das Porzellandiaphragma wird der innere Widerstand der Kette auf 10 bis 12 Ω erhöht; ohne das Diaphragma wandert das Metalloxyd in der Schmelze bald an die Kohlenelektrode, und dann sinkt die Spannung auf Null. Technische Bedeutung kommt diesen Anordnungen nicht zu.

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit hat W. D. Treadwell[5]) die EMK einer Anzahl aus Metalloxyd und Sauerstoff aufgebauter Ketten gemessen, indem er als Sauerstoffelektrode geschmolzenes, mit Sauerstoffgas gesättigtes Silber benutzte und in dieses ein Porzellanrohr einsenkte, welches das betreffende feingepulverte Oxyd nebst Borax oder leicht schmelzbarem Glase enthielt. Die gemessenen EMK stimmten im allgemeinen mit den Werten überein, die er aus den Zersetzungsdrucken der Oxyde und den thermochemischen Daten berechnet hatte.

Einzelpotentiale. Den merkwürdigen Parallelismus, der zwischen der lichtelektrischen Empfindlichkeit der Metalle und ihrer Stellung in der Voltaschen Spannungsreihe besteht, führt F. Krüger[6]) darauf zurück, daß jene Empfindlichkeit auf einer Beladung mit Wasserstoff beruht, welcher sich auf dem blanken Metalle durch Zersetzung der es fast stets bedeckenden Wasserhaut bildet. Alle Umstände, welche die jene Zersetzung bewirkende Potentialdifferenz zwischen Metall und Wasserhaut vermindern, z. B. Inlösunggehen des Metalles, oder welche den entstandenen Wasserstoff beseitigen, z. B. Einwirkung von Ozon, verringern auch den lichtelektrischen Effekt. Je höher schließlich das Metall in der Spannungsreihe steht, um so größer also seine Lösungstension ist, um so stärker belädt es sich mit Wasserstoff und um so höher ist auch seine lichtelektrische Empfindlichkeit.

Passivität. Auf die immer noch nicht restlos gelöste Frage, auf welchen Ursachen die Passivität des Eisens beruht, erteilen C. W. Bennett und W. S. Burnham[7]) eine neue Antwort. Nach einer mit dem Jahre 1790 beginnenden Zusammenstellung früherer Untersuchungen, welche alle nicht genügende Aufklärung gäben, stellen sie ihre eigene Hypothese auf, daß die Passivität durch ein bisher unbekanntes höheres Oxyd verursacht wird, welches auf dem Eisen eine Schutzdecke bildet.

F. Förster[8]), welcher früher die Theorie verfochten hatte, daß ein Gehalt an Wasserstoff die Aktivität des an sich passiven Eisens verursacht, kommt neuerdings auf Grund von Potentialmessungen an arbeitenden Anoden und Kathoden zur Ansicht, daß es zwei Arten von Passivität gibt, eine chemische und eine mechanische Passivität. Die chemische Passivität wird durch Fremdstoffe hervorgerufen, welche in der Oberfläche des Metalles gelöst sind. Wenn man z. B. aus einer Eisenlösung, die ein wenig Zink enthält, Eisen niederschlägt, so geht ein wenig Zink in das Eisen über, und dies erschwert die weitere Abscheidung des Eisens so stark, daß sich unter Emporschnellen der Spannung überwiegend Zink abscheidet; ähnlich kann als Anode das Metall durch Sauerstoff passiviert werden. Seine frühere Anschauung über die Rolle des Wasserstoffes ändert Förster jetzt dahin um, daß der Wasserstoff nur mittelbar wirkt, indem er den passivierenden Sauerstoff beseitigt. Bei der mechanischen Passivität erhöht eine poröse Deckschicht das Potential der Elektrode, indem sie die arbeitende Oberfläche stark verringert. Aus den angestellten Messungen ergibt sich nebenbei die praktische Folgerung, daß bei der elektrolytischen Gewinnung von Jodat der Alkalizusatz, welcher das unerwünschte Auftreten von freiem Jod verhindert, möglichst gering bemessen werden muß, damit nicht durch anodisch entwickelten Sauerstoff die Platinanode passiviert und dadurch die Stromausbeute herabgedrückt wird.

Schmelzelektrolyse. Der „Anodeneffekt", die bei der Elektrolyse z. B. von geschmolzenen Chloriden nicht selten auftretende Störung, daß die Badspannung plötzlich emporschnellt und an der als Anode in die Schmelze tauchenden Kohle nicht mehr große Gasblasen entweichen, sondern unter Aussetzen der Gasentwicklung ein Kranz von winzigen Lichtbögen auftritt, ist von G. Oesterheld und E. Brunner[9]) bei der Elektrolyse von geschmolzenem Natriumberylliumfluorid eingehend untersucht worden. Sie fanden, daß der Anodeneffekt bei um so höherer Stromstärke auftritt, je größere Oberfläche der eintauchende Kohlenstab besitzt, wenn sich auch eine unmittelbare Proportionalität nicht erkennen ließ. Verminderten sie den Strom wieder, so setzte erst

weit unter jener kritischen Stromdichte die gewöhnliche Elektrolyse wieder ein. Ebenso wie bei dem bekannten Leidenfrostschen Wassertropfen in glühender Metallschale ist bei dem Anodeneffekt eine die Kohle umgebende Gashülle die Ursache der Erscheinung. Während hier die Gasschicht von zahlreichen kleinen Lichtbögen durchsetzt wird, ist beim äußerlich ähnlichen Wehnelt-Effekt in wässeriger Lösung die Platinanode von einem explosiven Gasgemisch umgeben, ohne daß Lichtbögen auftreten; die mit dem Oszillographen aufgenommenen Kurven ähneln sich aber bei beiden Vorgängen.

Für die Elektrometallurgie des Aluminiums sind die Messungen wertvoll, welche P. Pascal und A. Jouniaux[10]) über die Dichte des Aluminiums und der Schmelzen, welche für die Aluminiumelektrolyse in Betracht kommen, mit großer Sorgfalt angestellt haben. Mit Hilfe eines Schwimmers aus Quarz fanden sie für das geschmolzene Metall folgende Werte:

Temperatur	658°	740°	802°	868°	925°	1000°
Dichte	2,46	2,43	2,41	2,39	2,37	(2,35)

Über 900° wird der Quarz vom geschmolzenen Aluminium angegriffen.

Ebenso bestimmten sie mit einem Nickelschwimmer die Dichten von geschmolzenem Kryolith, von Gemischen des Kryoliths mit Kieselsäure oder Flußspat oder Tonerde und schließlich vom dreifachen Gemisch Kryolith-Flußspat-Tonerde bei verschiedenen Zusammensetzungen und Temperaturen. Der reine Kryolith hat bei seinem Schmelzpunkt 977° die Dichte 2,20, welche durch einen Zusatz von 3% Kieselsäure beträchtlich vermindert, durch Flußspat aber erhöht wird. Bei 15% Flußspat kommt die Dichte der Kryolithschmelze der des Aluminiums gleich und bei weiterem Flußspatzusatz wird sie sogar wesentlich größer als diese. Tonerde vermindert die Dichte der Schmelze stark. Bei dem gebräuchlichen Bade, welches 10 bis höchstens 25 Teile Tonerde enthält und etwa 950° hat, ist das Aluminium bedeutend schwerer als das Bad und bleibt deshalb am Boden. Sobald aber das Bad zu heiß wird, nähern sich die Dichten des Metalles und des Bades sehr rasch, so daß dann durch Strömungen das Metall leicht an die Oberfläche steigen und dort verbrennen kann. Diese Gefahr wird erhöht, wenn man reichlich Flußspat zusetzt (um die Erstarrungstemperatur des Bades herabzudrücken); man soll deshalb nur wenig Flußspat zufügen.

[1]) H. Goldschmidt, Z. phys. Chem. Bd 91, S 46. — [2]) H. Krumreich, Z. Elchemie 1916, S 446. — [3]) R. Lorenz u. A. Höchberg, Z. anorg. Chem. Bd 94, S 305. — [4]) E. Baur, A. Petersen u. G. Füllemann, Z. Elchemie 1916, S 409. — [5]) W. D. Treadwell, Z. Elchemie 1916, S 414. — [6]) F. Krüger, Z. Elchemie 1916, S 365. — [7]) C. W. Bennett u. W. S. Burnham, Z. Elchemie 1916, S 377. — [8]) F. Förster, Z. Elchemie 1916, S 85. — [9]) G. Oesterheld und E. Brunner, Z. Elchemie 1916, S 38. — [10]) P. Pascal u. A. Jouniaux, Z. Elchemie 1916, S 71.

XVII. Elektrophysik.

Elektrophysik. Von Dr. Ernst Jegge, Charlottenburg. — Elektromedizin und Elektrobiologie. Von Dr. Gustav Großmann, Berlin.

Elektrophysik.

Von Dr. Ernst Jegge.

Allgemeines. Elektrodynamik. Einer der wenigen Fälle, in welchen die Newtonsche Gravitationsastronomie versagte, ist die Perihelbewegung des Merkur. Bereits im vorigen Berichtsjahr (JB 1915, S 212) ist an dieser Stelle darauf hingewiesen worden, daß es A. Einstein zum erstenmal gelang, die-

selbe aus der allgemeinen Relativitätstheorie zu erklären. E. Wiechert[1]) zeigt nun, daß noch viele andere Wege offen stehen, um für die Perihelbewegung des Merkur eine Erklärung zu finden. Andere neue Beweise für die Einsteinsche Relativitätstheorie sind im vorliegenden Berichtsjahr nicht erbracht worden. Zwar veröffentlicht E. Freundlich[2]) einige weitere Beobachtungen, welche auf eine Gravitationsverschiebung der Spektrallinien bei Fixsternen im Sinne der Einsteinschen Theorie hinzuweisen scheinen, doch fehlt zur Zeit noch ein zwingender Beweis für den zu erwartenden Effekt. — Eine Ausdehnung der allgemeinen Relativitätstheorie auf beliebig bewegte Bezugsysteme wird von A. Einstein[3]) gegeben. Raum und Zeit haben in der erweiterten Theorie lediglich die Bedeutung von willkürlich wählbaren Gaußschen Koordinaten in der vierdimensionalen Welt; es wird das Postulat der allgemeinen Kovarianz der Naturgesetze aufgestellt und die Differentialgleichungen für das Gravitationsfeld, die Bewegung inkompressibler Flüssigkeiten und das elektromagnetische Vakuumfeld abgeleitet. Hierher gehören noch eine Reihe von Veröffentlichungen, von denen nur diejenigen von A. Einstein[4]), K. Schwarzschild[5]), F. Kottler[6]) und H. Reißner[7]) erwähnt seien. In einer kurzen Arbeit zeigt A. Einstein[8]), wie man zu einer neuen, überraschend einfachen, invariantentheoretischen Deutung der Maxwellschen Feldgleichungen der Elektrodynamik gelangen kann. Zur Einführung in die Theorie der Relativität seien die beiden Arbeiten von M. Born[9]) und E. Freundlich[10]) empfohlen. — Noch immer beschäftigen sich zahlreiche Arbeiten mit der Frage, ob es Elektrizitätsladungen gibt, welche diejenige des Elementarquantums unterschreiten. Bei sorgfältigster Prüfung aller in Betracht kommenden Arbeiten gewinnt es den Anschein, als ob die Existenz von Subelektronen zu verneinen sei. Von den hierhergehörigen Untersuchungen seien nur diejenigen von R. A. Millikan[11]), A. Schidlof und A. Targonski[12]), D. Konstantinowsky[13]) und F. Zerner[14]) erwähnt. — Zum Nachweis, daß entsprechend der Ampèreschen Theorie das magnetische Moment von Eisenteilchen durch kreisende Elektronen hervorgebracht werde, beschreibt A. Einstein[15]) in Ergänzung zu seinen früheren Versuchen (JB 1915, S 197 u. 212) ein neues einfaches Experiment. Die Verstärkung der Schwingungen des Eisenstäbchens geschieht nach der Multiplikationsmethode. — Über den Halleffekt bei Tellur veröffentlicht P. Wold[16]) eine interessante Arbeit. Er mißt ihn bei verschiedenen Temperaturen und kann daraus auf zwei verschiedene Modifikationen von Tellur schließen. Ganz ähnlich wie der Halleffekt verhält sich die thermoelektromotorische Kraft, wodurch ein enger Zusammenhang dieser beiden Größen angedeutet wird. Endlich sei hier noch eine Arbeit von K. Smith[17]) über den Corbinoeffekt in verschiedenen Leitern erwähnt.

Elektrostatik. In einer theoretischen Arbeit über die elektrische Kapazität angenäherter Kugeln und Zylinder gibt Lord Rayleigh[18]) die Beweise für seine bereits im Jahre 1882 ohne Beweis mitgeteilten Formeln. E. Kemble[19]) bringt einige Betrachtungen über die Randwirkung bei der Elektrostriktion von Zylinderkondensatoren. Der Verfasser zeigt, wie die voneinander abweichenden Formeln von Adams und Sacerdote für die Elektrostriktion in Übereinstimmung gebracht werden können, wenn man die Wirkung gewisser longitudinaler Kräfte berücksichtigt, die von dem elektrischen Felde in der Nähe der Enden der Belegungen herrühren. O. Stuhlmann[20]) untersucht, welche Ursachen maßgebend sind für die zeitliche Veränderung der kontaktelektromotorischen Kraft eines und desselben Elementes. Er stellt fest, daß das Metall durch die Okklusion von Gasen in der Spannungsreihe nach der Richtung der elektropositiveren Elemente verschoben wird. Mehrfach ist die Frage nach dem Ursprung der Niederschlagselektrizität und damit zusammenhängender Fragen Gegenstand der Untersuchung gewesen. Diese Arbeiten finden an einer anderen Stelle dieses Jahrbuches eine eingehende Behandlung. Es sei hier nur eine interessante Untersuchung von J. R. Wright und O. F. Smith[21]) erwähnt. Bekanntlich beschränkte sich bisher unsere Kenntnis der luftelektrischen Größen,

von wenigen Ausnahmen abgesehen, auf europäische Länder. Die beiden Forscher haben ihre Beobachtungen in tropischen Ländern (Manila) gemacht und finden für den Gehalt an freien Ionen etwa dieselben Werte, wie sie für andere Orte gelten, so daß ein öfters vermuteter starker Einfluß der tropischen Sonnenstrahlung nicht vorhanden zu sein scheint. Der Ionengehalt wächst mit der Höhe und folgt ziemlich genau den täglichen Schwankungen der relativen Feuchtigkeit.

Im Vergleich zu den zahlreichen theoretischen und experimentellen Arbeiten über polare Pyro- und Piezoelektrizität von Kristallen ist der nicht minder wichtige Fall der zentrisch symmetrischen Erregungen bisher nur wenig bearbeitet worden. W. Voigt[22]) leitet theoretisch die hier zu erwartenden Erscheinungen ab und berichtet über Beobachtungen zu deren Nachweis. Diese elektrischen Eigenschaften der Kristalle beruhen nach Lord Kelvin auf den diesen Körpern eigenen elektrischen Momenten, deren Wirkungen im natürlichen Zustand durch Oberflächenladungen kompensiert werden. Voigt prüft, ob die Beobachtung der Erregung durch Temperaturänderung und durch Deformation eine quantitative Bestimmung jener Momente ermöglicht.

Thermoelektrizität. A. Weissenberger[23]) gibt eine Methode an, nach welcher die Thermokräfte von Stiften aus Nernst- und Auerglühlichtmasse, sowie von Glas und einigen Silikaten gemessen werden können. Es stellt sich heraus, daß die Thermokräfte der Auer- und Nernststifte dem Vorzeichen nach gleich sind. Der Peltiereffekt ließ sich beim Nernstbrenner rein optisch wahrnehmen. Die übrigen untersuchten Substanzen (Quarzglas, Magnesia, Silikate) zeigten hohe Thermokräfte verschiedenen Vorzeichens. Wie die thermoelektrische Untersuchungsmethode für das Studium der allotropen Umwandlungen von Metallen verwendet werden kann, zeigt eine Arbeit von K. Benedicks[24]). Das Untersuchungsmaterial wird dabei in Drahtform mit konstanter Geschwindigkeit durch einen kleinen Ofen von bekannter Temperatur T geführt; es wird eine elektromotische Kraft zwischen den beiden Drahtenden auftreten, wenn sich in dem Material unterhalb der Temperatur T molekulare Umwandlungen vollziehen. — Die Stellung des Siliziums in der thermoelektrischen Spannungsreihe und der Zusammenhang zwischen Thermokraft und Gleichrichterwirkung wird in einer Arbeit von F. Fischer und E. Baerwind[25]) behandelt.

Elektrische Leitung. Es ist schon mehrfach versucht worden, die Vorstellungen und mathematischen Formeln, die sich in L. Boltzmanns fundamentalem Werk über die kinetische Gastheorie finden, auch auf die Elektrizitätsleitung in Metallen anzuwenden. Die Hoffnungen, die man an diese gaskinetische Elektronentheorie knüpfte, sind indessen nicht in Erfüllung gegangen. K. Benedicks[26]) untersucht noch einmal alle so vollständig wie nur möglich gesammelten Beobachtungen über die Elektrizitätsleitung der Elemente, um zu sehen, ob sie sich den Forderungen der kinetischen Elektronentheorie fügen. Das Ergebnis ist ein sehr ungünstiges, weit besser scheint die Kontaktelektronenhypothese die Beobachtungen zu erklären. Der Verfasser veröffentlicht neue Beobachtungen an den seltenen Erdmetallen Ce, Pr, Nd und La. Es zeigt sich, daß mit der Kontaktauffassung der Einfluß des hydrostatischen Druckes auf die elektrische Leitfähigkeit qualitativ übereinstimmt. Besonders wichtig ist, daß die Kontaktauffassung in Verbindung mit der Agglomerationshypothese den von K. Onnes entdeckten supraleitenden Zustand (vgl. JB 1914, S 207; JB 1915, S 217) in einfacher Weise zu erklären imstande ist. v. Hauer[27]) findet, daß der beim Schmelzen eines Metalles auftretende Sprung in der elektrischen Leitfähigkeit durch eine Darstellung als Funktion der Körperenergie verschwindet; daraus ergeben sich dann Folgerungen für die Leitfähigkeitsformel. Auch gelingt es v. Hauer, eine Formel für die Elektronenemission heißer Körper zu finden, die mit den Beobachtungen in guter Übereinstimmung ist. Mit der Erklärung der Leitfähigkeitserniedrigung von Legierungen mit isomorphen Mischkristallen und von Metallen, die unter der Einwirkung von Druckkräften stehen, beschäftigt sich A. March[28]).

Von speziellen Arbeiten seien folgende erwähnt: B. Thieme[29]) bespricht die Gültigkeit des Faradayschen Gesetzes für Flammenelektrolyte und findet, daß bei Annahme der Einwertigkeit des Kohlenstoffs bei hohen Temperaturen das Gesetz bestätigt ist, ebenso für Kupfer. Einen zusammenfassenden Bericht über die Elektrizitätsleitung metalldampfhaltiger Flammen gibt A. Becker[30]). Die elektrische Leitfähigkeit von anisotropen Flüssigkeiten bei verschiedenen Temperaturen wird von Th. Svedberg[31]) untersucht. Nach seinen Beobachtungen ist der Temperaturkoeffizient der elektrischen Leitfähigkeit im anisotropen Gebiet etwa doppelt so groß wie im isotropen; beim Überschreiten des Klärpunktes wird die Leitfähigkeit kleiner. Von Arbeiten über den elektrischen Widerstand von Wismut ist besonders diejenige von A. Werner[32]) zu nennen. Er untersucht Material verschiedener Herkunft und stellt fest, daß mit zunehmender Reinheit der spezifische Widerstand abnimmt. Die Versuche haben erneut dargetan, daß der chemische Weg beim Wismut zu höheren Reinigungsstufen führt als der elektrolytische. Der Temperaturkoeffizient bei Temperaturen zwischen 150° und 230° ist negativ. Endlich sei eine Arbeit von B. Pogány[33]) erwähnt, der den Widerstand sehr dünner Metallschichten (1—100 m μ Dicke) aus Pt, Pd, Au und Ag untersucht.

Dielektrika. Die Ursachen der verringerten Durchschlagsfestigkeit von Dielektrizis in Hochfrequenzfeldern wird von W. M. Thornton[34]) besprochen. Nach den von ihm gegebenen Darlegungen folgt auf die durch das Anlegen des Feldes entstehende Polarisation eine weitere, welche durch die innere Anziehung der getrennten Molekülladungen hervorgerufen wird. Die Bedingungen für das Durchschlagen werden durch die Übereinanderlagerung dieser beiden Felder bestimmt. Die Durchschlagsspannung ergibt sich umgekehrt proportional zur Frequenz. — Die Dielektrizitätskonstante und die elektrische Leitfähigkeit von Glimmer in starken Feldern wird von H. H. Poole[35]) untersucht. Bis zu Feldstärken von $3 \cdot 10^6$ V/cm konnte keine Änderung der Dielektrizitätskonstante festgestellt werden, dagegen wächst die Leitfähigkeit mit großen Feldstärken sehr stark an. Auf Grund der Annahme der Verteilung der Elektronengeschwindigkeiten nach dem Maxwellschen Gesetz gelingt es Poole, eine theoretische Erklärung der gefundenen experimentellen Daten zu geben. A. Zeleny[36]) veröffentlicht Beobachtungen über den Temperatureinfluß auf die absorbierte Ladung und die Kapazität einiger Kondensatortypen. Bei Papierkondensatoren nimmt mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt des zur Herstellung verwendeten Dielektrikums die Restladung bei höheren Temperaturen ziemlich stark zu. Glimmerkondensatoren haben durchweg größere Restladungen als Papierkondensatoren ergeben. Verlustmessungen im Dielektrikum technischer Kondensatoren sind von E. Grünberg[37]) ausgeführt worden. Bei verschiedenen Kondensatoren mit Glas als Dielektrikum wurden sehr abweichende Werte für den Leistungsfaktor gefunden. Die Verluste wachsen mit zunehmender Spannung etwas schneller als quadratisch an. Mit steigender Temperatur wachsen sie in Glaskondensatoren schnell an; noch größer als bei Glas ist die Zunahme der Verluste mit wachsender Temperatur bei Hartpapierkondensatoren. — Es sei noch erwähnt, daß F. Tank[38]) eine neue Resonanzmethode zur Messung von Dielektrizitätskonstanten beschreibt, die im wesentlichen darauf beruht, daß die Resonanz eines Stromkreises aus Selbstinduktion und Kapazität durch einen Parallelwiderstand zur Kapazität nicht gestört wird; eine Kompensation der Leitfähigkeit des Dielektrikums wie etwa bei der Nernstschen Methode fällt dabei fort.

Lichtempfindlichkeit von Selen. Eine Reihe von interessanten Versuchen an Selenzellen vom Bidwelltypus wird von H. Greinacher[39]) veröffentlicht. Danach ist der Widerstand aller untersuchten Zellen abhängig von der Dauer des Stromdurchganges und von der Stromrichtung. Die durch die Stromrichtung bedingte Widerstandsdifferenz nimmt mit der Dauer des Stromdurchgangs zu und wird schließlich konstant. Nach Aufhören des Stromes nimmt sie wieder ab. Wurde dem Gleichstrom ein Wechselstrom übergelagert, so wurde stets

eine Widerstandsabnahme der Zelle gefunden, die nach Ansicht des Verfassers eine der Widerstandsverringerung durch Bestrahlung analoge Erscheinung ist. In der Tat findet er bei allen untersuchten Zellen genau parallele Erscheinungen zwischen dem Wechselstromeffekt und dem Lichteffekt. R. Fürstenau[40]) hat trotz eines Versuchsmaterials von mehreren hundert Zellen die von Greinacher mitgeteilten Gleichrichtererscheinungen nicht gefunden und glaubt daher, daß dieselben an anomalen Zellen konstatiert wurden. In einer anderen Arbeit zeigen H. Greinacher und W. Miller[41]), daß bei den von ihnen untersuchten Zellen zweierlei Gleichrichtererscheinungen zu unterscheiden sind, eine normale und eine anomale, von denen die letztere nur auftritt, wenn die Wechselstromkurve deformiert ist. Auch wurde eine geringe Abhängigkeit des Wechselstromeffektes von der Frequenz des Wechselstromes für Periodenzahlen zwischen 50 und 3500 gefunden. Die Beziehung zwischen dem Einfluß des Druckes und demjenigen des Lichtes bei Selenkristallen wird von E. O. Dieterich[42]) untersucht.

Nach Versuchen von L. E. Dodd[43]) werden bei dem Übergang des Selens aus dem kristallinischen in den amorphen Zustand keine elektrischen Ladungen in Freiheit gesetzt, woraus folgen würde, daß die Zahl der Leitfähigkeitselektronen im Atom in beiden Zuständen dieselbe ist. In einer beachtenswerten Arbeit untersucht K. J. Dieterich[44]) die Abnahme der Leitfähigkeit des Selens nach vorher erfolgter Belichtung. Der Verfasser führt einen Koeffizienten der Wiedervereinigung der durch den Einfluß des Lichtes abgespaltenen Elektronen ein und findet für ihn analoge Beziehungen, wie sie für ionisierte Gase bestehen.

Wechselströme und Hochfrequenz. Von theoretischen Arbeiten sei zunächst eine solche von K. W. Wagner[45]) erwähnt. Er bespricht die Vorgänge beim Einschalten, für welche von Heaviside eine Formel ohne Beweis angegeben wurde. Diese Formel wird von Wagner in überraschend einfacher Weise abgeleitet, zugleich werden die Ausnahmefälle, in welchen sie ihre Gültigkeit verliert, erledigt. W. Rogowski[46]) behandelt eine Erweiterung des Reflexionsgesetzes von Wanderwellen. Zwei lange Leitungen derselben Charakteristik werden durch ein kurzes Zwischenstück von wesentlich anderer Charakteristik miteinander verbunden. Es wird nach den Reflexionsverlusten der Wanderwelle beim Passieren des Zwischenstückes gefragt. Ob dasselbe dabei als kurz angesehen werden darf, hängt nicht nur von dem Verhältnis der Länge desselben zur Wellenlänge der Wanderwelle ab, sondern auch noch von dem Reflexionskoeffizienten des Zwischenstückes gegenüber demjenigen der angeschlossenen Leitungen. Es ergibt sich, daß, wenn die von einer Wanderwelle drohende Gefahr in deren steiler Front liegen sollte, daß dann geeignete Zwischenstücke als Schutz gegen Wanderwellen in Betracht kommen würden. — Die einfacheren Fälle von Schleifendrehfeldern werden von K. Gruhn[47]) untersucht. Die Resultate bieten nichts wesentlich Neues, da sie aus anderen Gebieten der Physik her schon bekannt sind. Auch die Arbeit von N. S. Diamant[48]) über eine besondere Darstellungsweise von Wechselstromgrößen bringt schon Bekanntes in neuem Gewande. Neue mechanische Modelle werden von F. Emde[49]) angegeben zur Darstellung der Faraday-Maxwellschen Spannungen im Dielektrikum und von F. Breisig[50]) über funkentelegraphische Empfangssysteme (s. S. 141).

Die günstigste Unterteilung von Litzen wird von W. Rogowski[51]) untersucht. Bei gegebenem Drahtdurchmesser lassen sich Grenzwellenlängen angeben, jenseits deren der massive Draht günstiger ist als die Litze. Diese Grenzwellenlänge hängt von der Unterteilung der Litze ab. Über die günstigsten Werte für die Primärkapazität von Teslaspulen berichtet W. Jones[52]). L. Dreyfus[53]) veröffentlicht eine interessante Arbeit über die Erregung eines massiven magnetischen Kreises durch Wechselstrom. Der Verfasser vergleicht die wechselnde Verteilung der Induktion mit einer vom Rande aus einfallenden Wellenbewegung. Zuerst dringt diese nur schwach gedämpft und mit verhältnismäßig großer Wellenlänge gegen die Mittelzone vor. In dem Maße, wie die

Induktion dabei abnimmt, erhöht sich die Dämpfung, und nach Durchquerung einer schmalen Randzone ist die Welle praktisch erloschen. Dabei zeigt sich, daß der Gesamtfluß und seine Nacheilung gegen die erregenden Amperewindungen erheblich größer ist, als man unter Zugrundelegung eines mittleren Wertes für die Induktivität vermuten konnte. Durch Messungen am Epsteinbündel erläutert W. Rogowski[54]) eine Methode, den lokalen Energieverlust an verschiedenen Stellen eines elektromagnetischen Feldes zu messen. S. Butterworth[55]) leitet neue Formeln ab für die gegenseitige und die Selbstinduktivität von Kreisen und für die Induktivität von Solenoiden beliebiger Länge. Mit der Wechselwirkung schrägstehender Solenoide mit Eisenkern beschäftigt sich eine Untersuchung von H. Lorenz[56]).

Auf zwei Arbeiten über Detektoren sei nur kurz hingewiesen: V. A. Hunt und L. E. Whittmore[57]) besprechen einige charakteristische Merkmale von Kristalldetektoren, über Siliziumdetektoren siehe die interessante Arbeit von L. S. Mc Dowell und F. G. Wick[58]).

Die theoretische und experimentelle Untersuchung von Funkenstrecken wird in einer schönen Arbeit von W. Estorff[59]) behandelt. Der Verfasser teilt die vom American Institute of Electrical Engineers angegebenen Vorschriften beim Gebrauch von Funkenstrecken zur Spannungsmessung mit. Er wiederholt unter vereinfachenden Annahmen die mathematischen Berechnungen und macht durch einen Berichtigungsfaktor die kurzen Formeln für den praktischen Gebrauch geeignet. Die Meßergebnisse für verschiedene Kugeldurchmesser und Schlagweiten werden in Kurvenform mitgeteilt und die jedem Kugeldurchmesser eigenen Werte der Luftfestigkeit bestimmt. Die Spannung an der Funkenstrecke läßt sich hiernach aus den geometrischen Abmessungen und den angegebenen Werten der Luftfestigkeit berechnen. Schließlich werden noch einige für das Arbeiten mit Funkenstrecken vorteilhafte Maßnahmen mitgeteilt. Welchen Einfluß das Gas- und Elektrodenmaterial auf die Löschwirkung von Funken hat, wird in einer Arbeit von E. Taege[60]) gezeigt. Bei allen untersuchten Metallen findet Taege, daß die Löschwirkung mit der Verkleinerung der Funkenlänge stark zunimmt. Je größer das Wärmeleitvermögen und die Ionenbeweglichkeit des Gases ist, desto besser ist die Löschwirkung. Die verschiedene Löschwirkung der einzelnen Metalle wird mit deren verschiedener Elektronenemission begründet. Über Potentialmessungen am elektrischen Nickellichtbogen rührt von W. Frey[61]) eine interessante Arbeit her. Es wurden die Charakteristiken aller erhältlichen Bogenformen zwischen Nickelelektroden in Stickstoff gemessen und dabei festgestellt, daß sie nicht der Ayrtonschen Gleichung genügen.

H. Zahn[62]) veröffentlicht seine Versuche über die Fortpflanzung von elektromagnetischen Wellen längs Drähten aus dielektrischem Material. Er knüpft dabei an Untersuchungen von Hondros und Debye aus dem Jahre 1910 an, die zuerst auf theoretischem Wege gezeigt haben, daß sich elektrische Wellen auch längs Drähten aus dielektrischem Material fortpflanzen können, wenn bestimmte Beziehungen zwischen Frequenz, Drahtradius und Dielektrizitätskonstante eingehalten werden. Die erhaltenen Resultate stimmen mit den von der Theorie geforderten hinreichend genau überein; die vorhandenen Abweichungen dürften in erster Linie durch unvermeidliche Energieverluste in dem nur unvollkommenen Dielektrikum bedingt sein.

Elektronentheorie. Eine große Zahl von Beobachtern beschäftigt sich mit der fundamentalen Frage nach der Existenz von Subelektronen. Die hierher gehörigen Arbeiten sind schon oben S. 227 kurz erwähnt worden.

E. Stoekle[63]) untersucht die Elektronenemission von glühendem Molybdän. Er findet, daß bis zu Drucken von 0,001 mm die Richardsonsche Gleichung erfüllt wird, daß indessen der Strom bei diesen Drucken nicht als reiner Thermionenstrom anzusehen ist. Ein Belag von Molybdänoxyd vermehrt die Elektronenemission des glühenden Metalles; bei Temperaturen über 1400° zersetzt sich das Oxyd und damit verschwindet wieder der erhöhte Elektronenstrom.

Bei Drucken der Größenordnung $5 \cdot 10^{-5}$ mm genügt der Elektronenstrom den von der Theorie geforderten Beziehungen genau. Aus den gesammelten Beobachtungen wird der Wert des Verhältnisses e/m (Ladung durch Masse) neu bestimmt und mit dem hierfür allgemein angenommenen Wert in guter Übereinstimmung gefunden. W. Germershausen[64]) setzt seine schon im vorigen Jahresbericht (JB 1915, S 219) besprochenen Versuche an glühendem CaO fort. Danach wird das Emissionsvermögen von CaO durch Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff nicht verändert. Wie schon früher, gelingt es ihm, einen konstanten Vakuumeffekt zu erzielen, bei welchem die Richardsonsche Gleichung in allen Punkten erfüllt wird.

Mehrere Arbeiten behandeln die Beziehungen zwischen Elektronentheorie und Strahlung. In zwei sehr schönen Arbeiten von K. Schwarzschild[65]) und P. Epstein[66]) wird versucht, das Problem des Starkeffektes an der Balmerserie des Wasserstoffs auf Grundlage des Bohrschen Atommodells zu erklären. Das Ergebnis ist eine überraschende Übereinstimmung zwischen den Messungen von Stark und den neuen Berechnungen, es ist ein neuer Beweis für die Richtigkeit des Bohrschen Modells. Nachdem so eine Verknüpfung zwischen Quantentheorie und dem Bohrschen Atommodell eine Erklärung des Starkeffektes ermöglicht hat, lag es nahe, dasselbe für den viel älteren Zeemaneffekt zu versuchen. Zwei Arbeiten von P. Debye[67]) und A. Sommerfeld[68]) beschäftigen sich mit der Frage, ob sich das Bohrsche Schema dem Zeemaneffekt fügt. In einem Punkte ist die Frage zu bejahen, insofern das Lorentzsche Triplet richtig wiedergegeben wird, zu verneinen, soweit die überzähligen Komponenten in Frage kommen. In diesem Zusammenhange sei schließlich noch auf eine theoretische Arbeit von K. F. Herzfeld[69]) über das Bohrsche Atommodell hingewiesen.

Photoelektrizität. Über Stromschwankungen in Vakuumröhren bei Gegenwart von Alkalimetall berichten J. Elster und H. Geitel[70]). Sie finden, daß nahe unterhalb der für die Einleitung des Glimmstromes erforderlichen Potentialdifferenz auch im Dunkeln sprungweise Stromstöße auftreten. Dieselben werden häufiger beim Zutritt geringster Lichtmengen und von γ-Strahlen. Dieselbe Erscheinung findet sich in Vakuumröhren mit beliebigem Metall, wenn vorher einmal eine Glimmentladung durch die Röhre gegangen ist, und zwar infolge Reduktion sehr kleiner Mengen von Alkalimetall aus den unvermeidlichen alkalihaltigen Verunreinigungen der Elektroden. Die Vermehrung der Stromstöße in Alkalizellen ist ein äußerst empfindliches Hilfsmittel zur Erkennung der geringsten Lichtmengen. Als unterste Grenze für die Empfindlichkeit für blaues Licht ergab sich $3 \cdot 10^{-9}$ Erg $\mathrm{cm}^{-2} \cdot \mathrm{s}^{-1}$. Auf diesem Wege lassen sich Flächenhelligkeiten erkennen und bis zu einem gewissen Grade auch messen, welche für das Auge nicht mehr wahrnehmbar sind. — Die vollständige photoelektrische Emission untersucht O. W. Richardson[71]). Es wird darunter die Emission von Elektronen durch das von dem Körper infolge seiner hohen Temperatur ausgesandte Licht verstanden. Der Verfasser prüft, ob diese Emission der thermionischen ähnelt und findet, daß allem Anschein nach beide Emissionen in einem konstanten Verhältnis zueinander stehen. Von J. Kunz und J. Stebbins[72]) werden photoelektrische Zellen mit Helium-, Argon- und Neonfüllung hergestellt, die eine sehr hohe Empfindlichkeit besitzen sollen und als Detektoren für drahtlose Telegraphie empfohlen werden.

Den Einfluß des Gasgehaltes der lichtelektrisch wirksamen Metalle untersucht G. Wiedmann[73]) an Kalium. Es wird gezeigt, daß nur dem Einfluß des Wasserstoffs sowohl die große lichtelektrische Empfindlichkeit als auch vor allem die selektive Wirkung bei der Wellenlänge 436 mμ zuzuschreiben ist.

Einige sehr wichtige Arbeiten behandeln die Quantenbeziehungen beim photoelektrischen Effekt. A. Einstein nimmt an, daß das Licht aus Elementarteilen besteht, die vom emittierenden Körper abgegeben werden und den Raum als selbständige Individuen durchlaufen, bis sie auf Atome treffen und von diesen absorbiert werden. Die Energie, die jedem Lichtelement eigen ist,

wird gleich $h\nu$ gesetzt, wo h das Plancksche Wirkungsquantum und ν die Frequenz des emittierenden Oszillators ist. Bei der Absorption wird diese Energie zum Teil in kinetische Energie des losgelösten Elektrons, zum Teil zur Leistung der Abtrennungsarbeit desselben verbraucht. Die sich so ergebende Beziehung wird von R. A. Millikan[74]) experimentell geprüft, und es ergeben sich dabei Resultate, die in sehr guter Übereinstimmung mit der Einsteinschen Gleichung sind. So ergibt sich ein neuer unmittelbarer Beweis für die physikalische Realität der Planckschen Wirkungsgröße h. Millikan findet für h den Wert $6{,}57 \cdot 10^{-27}$, wenn das Elementarquantum zu $4{,}77 \cdot 10^{-10}$ e. s. E. angenommen wird. Auch W. Kadesch und A. Hennings[75]) finden einen Wert für h zwischen 6,37 und $6{,}44 \cdot 10^{-27}$. Auf einem anderen Wege versucht P. Epstein[76]) eine Anwendung der Quantenlehre auf die Theorie des lichtelektrischen Effektes. Auch er findet eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den Erfahrungen auf dem Gebiete lichtelektrischer Erscheinungen.

Kathoden- und Kanalstrahlen. Die Theorie des Potentialabfalls an der Kathode und im Crookesschen Dunkelraum untersucht H. A. Wilson[77]), gestützt auf die Ionisierung durch den Zusammenstoß von Elektronen und positiven Ionen mit den Gasmolekülen und durch den Stoß der Ionen auf die Kathode. Es zeigt sich, daß sich so die wichtigsten Tatsachen zwanglos erklären lassen. In einer andern Arbeit untersucht derselbe Verfasser[78]) die Veränderung des Lichtes der positiven Säule mit dem elektrischen Strom, dem Gasdruck, der Temperatur und dem Potentialgradienten. E. H. Warner[79]) findet in verschiedenen Gasen den Ionisationsdruck in der positiven Korona genau proportional dem Koronastrom. R. Holm[80]) setzt seine früheren theoretischen Untersuchungen über die Theorie des Glimmstromes fort. T. Retschinsky[81]) berichtet über die in den Jahren 1910 bis 1915 erschienenen Arbeiten über die elektromagnetische Analyse der Kanalstrahlen.

In einer interessanten Arbeit behandelt J. Stark[82]) die verschiedenen Träger des Banden- und Serienspektrums des Wasserstoffes. Danach haben die Wasserstoffserien- und H-Banden-Spektren verschiedene Träger, beide Träger aber besitzen die Masse des H-Atoms. Der Träger des Serienspektrums ist das positive Atomion. Die H-Bandenlinien in den Kanalstrahlen werden nicht durch den Stoß der sekundären Kathodenstrahlen, sondern unmittelbar durch den Stoß der Kanalstrahlen zur Emission gebracht. Endlich möge noch eine Arbeit von L. Vegard[83]) über Untersuchungen an Nordlichtern erwähnt werden. Er findet, daß Höhenbestimmungen mit der Lage der Nordlichtzone durch Kathodenstrahlen nicht in Einklang gebracht werden können, während α-Strahlen die beste Übereinstimmung zeigen. Auch die Lichtverteilung gibt für α-Strahlen, nicht aber für Kathodenstrahlen eine Erklärung der beobachteten Formen. Die früher vom Verfasser auf Grund der α-Strahlenhypothese vorausgesagten homogenen Strahlengruppen sind durch Höhenbestimmungen nachgewiesen.

Röntgenstrahlen. F. Voltz[84]) bespricht die Verwendung der neuen Röhren von Coolidge und Lilienfeld zur Erreichung größter Strahlenhärte. Mit derselben Aufgabe beschäftigt sich P. Ludewig[85]), der eine brauchbare Schaltung zu diesem Zwecke angibt. Da aus experimentellen Gründen eine einwandfreie Messung des Spannungsverlaufes an Röntgenröhren sehr schwierig ist, so versucht Ludewig denselben theoretisch abzuleiten und gelangt dabei zu Resultaten, die sich mit den praktischen Ergebnissen sehr gut decken. Experimentelle Beobachtungen am Röntgentransformator werden von C. Déguisne[86]) veröffentlicht. Aus der Zeit, um welche der Strom in der Mitte der sekundären Wicklung gegen den die Röhre durchfließenden Strom verschoben ist, berechnet der Verfasser die Geschwindigkeit der im Sekundärkreis auftretenden Wanderwelle. Neben kontinuierlichen Entladungen erhält er bei harten Röhren auch stoßförmige, deren Zustandekommen eingehender behandelt wird. Eine große Zahl von Arbeiten behandelt die Härtebestimmung von Röntgenstrahlungen. Da diese Arbeiten in dem folgenden Abschnitt dieses Jahrbuches eine ein-

gehende Darstellung finden, so mögen sie hier übergangen werden. Erwähnt sei nur, daß H. Seemann[87]) ein neues Gleichheitsphotometer beschreibt, das eine genauere Ermittelung der Helligkeitsgleichheit zweier Flächen gestattet, als dies bei den bisher üblichen Härtemessern, die nicht mit Prismenoptik versehen sind, möglich ist.

Die Beziehungen der Röntgenstrahlungen zur Kristallstruktur waren mehrfach Gegenstand der Untersuchung. Es seien hier nur die Arbeiten von F. Rinne[88]), W. H. Bragg[89]), H. Haga und F. M. Jaeger[90]), A. Smits und F. E. Scheffer[91]) erwähnt. Einen Vergleich der Raumgitterkonstanten von Steinsalz und Sylvin führte E. Wagner[92]) durch, wobei sich eine gute Übereinstimmung mit den aus Strukturdaten gefolgerten Werten ergab. Zur Orientierung über diese Fragen und die noch zu lösenden Probleme sei auf die anregende Arbeit von A. Sommerfeld[93]) hingewiesen.

Eine neue Methode der Erzeugung von Interferenzerscheinungen im Röntgenlicht wird von P. Debye und P. Scherrer[94]) angegeben. Sie lassen Röntgenstrahlen an regellos orientierten Teilchen von amorphen Pulvern kristallinischer Substanzen beugen. Während Debye und Scherrer ihre Versuche an Pulvern aus amorphem Bor, Silizium, Borstickstoff und Lithiumfluorid machten, dehnt K. E. F. Schmidt[95]) diese Versuche auf Metallschichten aus. Anzeichen von Beugung hatte schon früher Hupka an Platin und Gold gefunden. Schmidt findet deutlich ausgesprochene Beugungserscheinungen bei Aluminium und Eisen, besonders scharfe Interferenzringe wurden bei Kupfer erhalten. Die auftretenden Ringe scheinen die Debyesche Theorie zu stützen. Vielleicht eröffnet sich von hier aus ein Weg, über Strukturfragen von Metallen, an deren Lösung die Technik großes Interesse hat, Aufschluß zu erhalten.

Dem Studium der Röntgenspektroskopie sind wieder zahlreiche Arbeiten gewidmet, die alle einzeln anzuführen zu weit führen würde. Ein zusammenfassender Bericht über unsere jetzigen Kenntnisse über die Röntgenspektren und die γ-Strahlspektren der radioaktiven Elemente findet sich bei M. Siegbahn[96]); daselbst eine Darlegung der Grundzüge der röntgenspektroskopischen Methoden und ein ziemlich vollständiges Literaturverzeichnis der über diesen Gegenstand erschienenen Arbeiten. Über eine neue Methode zur Aufnahme von Röntgenspektren berichtet H. Seemann[97]). Er schlägt vor, den bisher verwendeten Spalt ganz wegzulassen und dafür den Kristall in einer länglichen schmalen Spaltfläche zur Wirkung kommen zu lassen. Dabei fällt jede Drehung des Kristalls, die bisher notwendig war, fort. Über die Erzeugung von Röntgenspektren an gekrümmten Kristallflächen liegt eine Arbeit von P. Cermak[98]) vor.

Ein neuer Versuch, die Erscheinung der Brechung auch für Röntgenstrahlen nachzuweisen, ist von C. G. Barkla[99]) gemacht worden, aber wiederum mit negativem Erfolg. Über Absorption und Emission siehe einige kritische Bemerkungen von W. Schottky[100]) zu den Gesetzen von Kossel und Glocker. Die Versuche von J. Laub über die Erscheinungen beim Passieren von Röntgenstrahlen an einem Bleirand werden von E. G. Taylor[101]) von neuem aufgenommen und für dieselben eine sehr einfache Erklärung gefunden. Die Abhängigkeit der Maximalfrequenz ν_{max} der Röntgenstrahlen bei konstanten Spannungen wird von A. W. Hull[102]) durch Messung der Energieverteilung im X-Strahlenspektrum untersucht. Er findet, daß bis zu Spannungen von 100000 V ν_{max} linear mit der Spannung wächst.

Radioaktivität. Während bisher der Nachweis der Isotopen auf dem Wege der Atomgewichtsbestimmung nur bei Radium *F* und bei Blei erbracht worden war, ist es O. Hönigschmid[103]) gelungen, denselben auch für die Isotopen Thorium und Ionium zu erbringen. Ionium hat als Muttersubstanz des Radiums nach der Zerfallstheorie ein Atomgewicht von 230, unterscheidet sich also von dem isotopen Thorium um zwei volle Einheiten im Atomgewicht. Es war demnach zu erwarten, daß ioniumreiche Thoriumsalze eine Atomgewichtsdepression gegenüber reinem Thorium aufweisen. Der Verfasser findet aus einer großen Zahl von Einzelanalysen für reines Thorium ein Atomgewicht von 232,15. Ein

stark ioniumhaltiges Thoriumpräparat ergab das niedrigere Atomgewicht von 231,50. Auf anderem Wege ist es K. Fajans und M. Lembert[104]) und Th. W. Richards und Ch. Wadsworth[105]) gelungen, isotope Elemente voneinander zu unterscheiden. Fajans und Lembert bedienten sich zur Unterscheidung der verschiedenen Bleisorten der Dichtebestimmung gesättigter Nitratlösungen, während Richards und Wadsworth die Dichtebestimmung der Elemente selbst verwendeten. Eine neue Methode der Gehaltsbestimmung von Radiumpräparaten ergibt eine Arbeit aus dem Wiener Institut für Radiumforschung von V. Heß und R. Lawson. Bisher hatten die Versuche mittels der Stoßionisationsmethode die Wirkung der einzelnen β-Teilchen nachzuweisen, zu keinem Resultat geführt. Durch Verbesserung der Meßanordnung und bei Anwendung einer genügend hohen Feldstärke lieferten die β-[106]) und die von der radioaktiven Substanz ausgehenden γ-Strahlen[107]) deutliche Ausschläge am Elektrometer. Die Wirkung der γ-Strahlen ist dabei eine indirekte: die „Zählung“ der γ-Strahlen erfolgt durch die Zählung der von ihnen sekundär ausgelösten β-Teilchen. Die beobachteten γ-Strahleffekte erwiesen sich bei quantitativ definierten Anordnungen als genau proportional der angewendeten Radiummenge. Diese Methode ermöglicht eine Gehaltsbestimmung von Radiumpräparaten bis herab zu etwa 10^{-6} g Radium. So gelang es[108]) auch, die während eines Zeitraumes von 7,4 Jahren aus Ionium gebildete Radiummenge aus der γ-Strahlung festzustellen und die mittlere Lebensdauer des Radiums neu zu bestimmen; für diese ergab sich ein Wert von etwa 2500 Jahren. Auch Zerfallsprodukte des Radiums wurden auf diese Weise untersucht[109]). Eine beachtenswerte Arbeit von E. Rutherford und A. B. Wood[110]) beschäftigt sich mit der Bestimmung der Reichweite der α-Teilchen von Thorium. Die mitgeteilten Versuche ergaben für ThC vier verschiedene Zerfallsmöglichkeiten, indem α-Teilchen mit vier verschiedenen Geschwindigkeiten von 5,0 bis maximal 11,3 cm Reichweite (760 mm Druck und 15° C) in der Ausstrahlung nachgewiesen werden konnten.

Zahlreiche Einzelheiten, die zum Teil dem Grenzgebiet von Chemie und Physik angehören, können nicht angeführt werden. Es sei darum auch hier wieder wie im vorigen Jahresberichte auf die diesbezügl. eingehenden Referate in den „Fortschritten der Chemie, Physik und physikalischen Chemie“, hrsgb. von H. Großmann, verwiesen.

[1]) E. Wiechert, Phys. Z. 1916, S 442. — [2]) E. Freundlich, Astronom. Nachr. Bd 202, S 17. — [3]) A. Einstein, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 769. — [4]) A. Einstein, Berl. Ber. 1916, S 688. — [5]) K. Schwarzschild, Berl. Ber. 1916, S 189, 313. — [6]) F. Kottler, Ann. Phys. R 4, Bd 51, S 639. — [7]) H. Reißner, Ann. Phys. R 4, Bd 50, S 106. — [8]) A. Einstein, Berl. Ber. 1916, S 184. — [9]) Max Born, Phys. Z. 1916, S 51. — [10]) E. Freundlich, Naturwiss. 1916, S 363. — [11]) R. A. Millikan, Ann. Phys. R 4, Bd 50, S 729. — [12]) A. Schidlof u. A. Targonski, Phys. Z. 1916, S 376. — [13]) D. Konstantinowsky, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 881. — [14]) Fritz Zerner, Phys. Z. 1916, S 165. — [15]) A. Einstein, Verh. D. Phys. Ges. 1916, S 173. — [16]) P. J. Wold, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 169. — [17]) Keith K. Smith, Phys. Rev. R 2, Bd 8, S 402. — [18]) Lord Rayleigh, Phil. Mag. R 6, Bd 31, S 177. — [19]) E. C. Kemble, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 614. — [20]) Otto Stuhlmann, Phys. Rev. R 2, Bd 8, S 133. — [21]) J. R. Wright u. O. F. Smith, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 49. — [22]) W. Voigt, Phys. Z. 1916, S 287, 307. — [23]) A. Weissenberger, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 481. — [24]) K. Benedicks, JB Radioaktiv. u. Elektronik. 1916, S 56. — [25]) Franz Fischer u. Ernst Baerwind, Phys. Z. 1916, S 373. — [26]) Karl Benedicks, JB Radioakt. u. Elektronik. 1916, S 351. — [27]) v. Hauer, Ann. Phys. R 4, Bd 51, S 189. — [28]) A. March, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 710. — [29]) Bruno Thieme, Verh. D. Phys. Ges. 1916, S 221. — [30]) A. Becker, JB Radioakt. u. Elektronik. 1916, S 139. — [31]) Th. Svedberg, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 437. — [32]) A. Werner, Phys. Z. 1916, S 346. — [33]) Béla Pogány, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 531. — [34]) W. M. Thornton, Phil. Mag. R 6, Bd 32, S 242. — [35]) H. H. Poole, Phil. Mag. R 6, Bd 32, S 112. — [36]) Anthony Zeleny, Phys. Rev. R 2, Bd 6, S 478. — [37]) E. Grünberg, ETZ 1916, S 290. — [38]) F. Tank, Phys. Z. 1916, S 114. — [39]) H. Greinacher,

Verh. D. Phys. Ges. 1916, S 117. — [40]) Rob. Fürstenau, Verh. D. Phys. Ges. 1916, S 184. — [41]) H. Greinacher u. W. C. Miller, Verh. D. Phys. Ges. 1916, S 283. — [42]) E. O. Dieterich, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 415. — [43]) L. E. Dodd, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 282. — [44]) K. J. Dieterich, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 551. — [45]) K. W. Wagner, Arch. El. Bd 4, S 159. — [46]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 4, S 204. — [47]) K. Gruhn, Arch. El. Bd 5, S 52. — [48]) N. S. Diamant, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1916, S 989. — 49) Fr. Emde, El. Masch.-Bau 1916, S 137, 155. — [50]) F. Breisig, ETZ 1916, S 633, 650. — [51]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 4, S 293. — [52]) W. M. Jones, Phil. Mag. R 6, Bd 31, S 62. — [53]) L. Dreyfus, Arch. El. Bd 4, S 314. — [54]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 4, S 279. — [55]) S. Butterworth, Phil. Mag. R 6, Bd 31, S 276. — [56]) H. Lorenz, Arch. El. Bd 4, S 256. — [57]) V. A. Hunt u. L. E. Whittmore, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 518. — [58]) Louise Mc Dowell u. F. G. Wick, Phys. Rev. R 2, Bd 8, S 133. — [59]) Walter Estorff, ETZ 1916, S 60, 76. — [60]) E. Taege, JB drahtl. Tel. Bd 10, S 485. — [61]) Wilhelm Frey, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 937. — [62]) H. Zahn, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 907. — [63]) E. R. Stoekle, Phys. Rev. R 2, Bd 8, S 534. — [64]) W. Germershausen, Ann. Phys. R4, Bd 51, S 705. — [65]) K. Schwarzschild, Berl. Ber. 1916, S 548. — [66]) Paul S. Epstein, Phys. Z. 1916, S 148. — [67]) P. Debye, Phys. Z. 1916, S 507. — [68]) A. Sommerfeld, Phys. Z. 1916, S 491. — [69]) K. F. Herzfeld, Ann. Phys. R 4, Bd 51, S 261. — [70]) J. Elster u. H. Geitel, Phys. Z. 1916, S 268. — [71]) O. W. Richardson, Phil. Mag. R 6, Bd 31, S 149. — [72]) Jakob Kunz u. J. Stebbins, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 282. — [73]) G. Wiedmann, Verh. D. Phys. Ges. 1916, S 333. — [74]) R. A. Millikan, Phys. Z. 1916, S 217. — [75]) W. H. Kadesch u. A. E. Hennings, Phys. Rev. R 2, Bd 8, S 221. — [76]) Paul S. Epstein, Ann. Phys. R 4, Bd 50, S 815. — [77]) H. A. Wilson, Phys. Rev. R 2, Bd 8, S 227. — [78]) H. A. Wilson, Phys. Rev. R 2, Bd 8, S 238. — [79]) E. H. Warner, Phys. Rev. R 2, Bd 8, S 285. — [80]) R. Holm, Phys. Z. 1916, S 402. — [81]) T. Retschinsky, JB Radioakt. u. Elektronik. 1916, S 66. — [82]) J. Stark, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 179. — [83]) L. Vegard, Ann. Phys. R 4, Bd 50, S 853. — [84]) Fr. Voltz, Strahlentherapie Bd 7, S 502. — [85]) P. Ludewig, El. Masch.-Bau 1916, S 317. — [86]) C. Déguisne, Phys. Z. 1916, S 106. — [87]) H. Seemann, Phys. Z. 1916, S 622. — [88]) F. Rinne, Ann. Phys. R 4, Bd 50, S 433. — [89]) W. H. Bragg, Journ. Chem. Soc. London Bd 109, S 252. — [90]) H. Haga u. F. M. Jaeger, Proc. Amsterdam. Bd 18, S 1552. — [91]) A. Smits u. F. E. C. Scheffer, Proc. Amsterdam Bd 19, S 432. — [92]) Ernst Wagner, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 625. — [93]) A. Sommerfeld, Naturwiss. 1916, S 1, 13. — [94]) P. Debye u. P. Scherrer, Phys. Z. 1916, S 277. — [95]) K. E. F. Schmidt, Phys. Z. 1916, S 554. — [96]) Manne Siegbahn, JB Radioakt. u. Elektronik. 1916, S 296. — [97]) H. Seemann, Ann. Phys. R 4, Bd 49, S 470. — [98]) P. Cermak, Phys. Z. 1916, S 405, 556. — [99]) C. G. Barkla, Phil. Mag. R 6, Bd 31, S 257. — [100]) W. Schottky, Phys. Z. 1916, S 581. — [101]) E. G. Taylor, Phys. Z. 1916, S 316. — [102]) A. W. Hull, Phys. Rev. R 2, Bd 7, S 156. — [103]) O. Hönigschmid, Z. Elchemie 1916, S 18. — [104]) K. Fajans u. M. Lembert, Z. anorg. Chem. Bd 95, S 297. — [105]) Th. W. Richards u. Ch. Wadsworth, Journ. Am. Chem. Soc. Bd 38, S 221. — [106]) Viktor F. Heß u. Robert W. Lawson, Wien. Berichte (IIa) 1916, S 661. — [107]) Viktor F. Heß u. Robert W. Lawson, Wiener Anz. 1916, S 49. — [108]) Stephan Meyer u. Robert W. Lawson, Wiener Berichte (IIa) 1916, S 723. — [109]) Viktor F. Heß u. Robert W. Lawson, Wiener Berichte (IIa) 1916, S 585. — [110]) Ernest Rutherford u. A. B. Wood, Phil. Mag. R 6, Bd 31, S 379.

Elektromedizin und Elektrobiologie.

Von Dr. Gustav Großmann.

Die Anwendung von Elektrizität und Licht in der Medizin.

Die Physikotherapie hat bei der Behandlung Kriegsbeschädigter vermöge der mit ihr erzielten vorzüglichen Heilerfolge besondere Bedeutung erlangt. In welch vorzüglicher Weise sich die verschiedenen physikalischen Heilmethoden, die Mechanotherapie, Hydrotherapie, Lichttherapie und Elektrotherapie (die Röntgentherapie und Radiumtherapie sind nicht einbezogen) gegenseitig er-

gänzen, zeigen uns A. Laqueur[1]) und F. Nagelschmidt[2]). K. Bangert[3]) gibt uns einen Überblick über die physiologischen Wirkungen und therapeutischen Anwendungen der elektromagnetischen Schwingungen verschiedener Wellenlänge: der Hochfrequenzströme, der strahlenden Wärme, des Lichtes, der ultravioletten Strahlen, der Röntgen- und der γ-Strahlen.

Elektrotherapie. Eine der wichtigsten Aufgaben der Elektrotherapie im Kriege ist die Behandlung von Inaktivitätsatrophien. Um Muskeln, die infolge langdauernder Inaktivität geschwunden sind, zu kräftigen, läßt man auf sie einen intermittierenden, zur Auslösung kräftiger Muskelzuckungen geeigneten elektrischen Strom einwirken und bringt dadurch zwangsweise eine Muskelgymnastik zustande. Allgemein ist man zur Erkenntnis gelangt, daß zu diesem Zweck der faradische Strom wegen seiner zu hohen Frequenz ungeeignet ist und daß sich zur Hervorbringung kräftiger und dennoch vollkommen schmerzloser Muskelzuckungen bloß der durch ein Metronom in langsamem Rhythmus intermittierend gestaltete galvanische oder faradische Strom empfiehlt. So verwendet F. Nagelschmidt[2]) den „Meanderkurvenstrom“, während Disqué[4]) und K. Preleitner[5]) für den vom Bergonié-Apparat gelieferten Strom eintreten. Letzterer macht auch vom Leducstrom Gebrauch. J. Kowarschik[6]) empfiehlt die Verwendung des Huetschen Metronoms, das allen anderen Metronomkonstruktionen überlegen ist.

Eine wesentliche Rolle bei der Behandlung von Kriegsverletzungen spielt die Diathermie wegen ihrer schmerzstillenden, resorbierenden und wachstumserregenden Wirkung. G. Bucky[7]), der seine im Siemenslazarett gemachten Erfahrungen mitteilt, hebt die günstige Einwirkung der Diathermie bei Nervenverletzungen und allgemeiner Erschöpfung besonders hervor. K. Bangert berichtet über neuere Fortschritte der Diathermietechnik[8]) und bespricht die Frage der Elektrodenapplikation beim Diathermieverfahren[9]). R. Boerner und H. E. Schmidt[10]) beschreiben die Technik, die sie bei Anwendung der von S & H hergestellten Santos-Boernerschen Elektroden[11]) zur Diathermiebehandlung der männlichen Gonorrhoe geübt haben, und berichten über die Ergebnisse ihrer Untersuchungen. Sie haben die besten Erfolge bei der hartnäckigen chronischen Gonorrhoe erzielt, wo die medikamentöse Therapie versagt. H. Faßbender[12]) behandelt die Frage der Stromregulierung beim Diathermieverfahren und gelangt zum Ergebnis, daß sich dazu das Verfahren der veränderlichen Kopplung zwischen dem primären und dem sekundären Schwingungskreis am besten eignet und die Regulierung mittels veränderbarer Widerstände bloß dort empfiehlt, wo man eine getrennte Regulierung mehrerer Verzweigungsströme anstrebt. Um die Schwingungskreise im Diathermieapparat vor schädlicher Erwärmung zu schützen, die bei geringer oder fehlender Energieentnahme auftreten kann, ordnen Reiniger, Gebbert & Schall[13]) einen Widerstand parallel zu einem Teile des primären Schwingungskreises an.

Lichttherapie. Eine Übersicht über die Heilwirkungen und Indikationen der verschiedenartigen, für die Zwecke der Therapie verwendeten Lichtquellen bei der Behandlung von Kriegsverletzungen gibt A. Laqueur[14]). — Auf der Annahme Rolliers fußend, daß die therapeutische Wirkung des Lichtes dem durch es erzeugten Pigment zuzuschreiben ist, entwickelt A. Jesionek[15]) die Ansicht, daß man die Heilung tuberkulöser Krankheitsprozesse bei Lichtbehandlung nicht dem melanotischen Epidermispigment selbst, sondern den in Zirkulation geratenen, gelösten Abbauprodukten des Melanins zu verdanken hat. Daher hat es seiner Ansicht nach keinen Zweck, Lupuskranke bloß lokal zu bestrahlen, sondern zweckmäßiger ist es, die Kranken im Lichte baden zn lassen.

F. Skaupy[16]) berichtet über eine neue Lichtquelle für medizinische Zwecke, die hauptsächlich rote und wenig blaue und violette Strahlen aussendet, die Neonlampe.

Über die Verwendung des Quarzlichtes im Dienste des Kriegslazaretts berichtet Thedering[17]). Die Frage, ob die künstliche Höhensonne das Sonnen-

licht in der Therapie zu ersetzen vermag, wird viel erörtert. Während das Spektrum des natürlichen Höhensonnenlichtes das Gebiet der ultraroten und roten Strahlen in sich faßt und bis zur Wellenlänge 290 mμ reicht, enthält das an violetten und ultravioletten Strahlen reiche Licht der Quarzlampe rote Lichtstrahlen überhaupt nicht, weist aber noch Wellenkomponenten von der Wellenlänge 220 mμ auf. Diesem Unterschiede schreibt H. Axmann[18]) den Charakterunterschied zwischen dem Sonnenerythem und dem Quarzlichterythem zu. Auch findet er in Übereinstimmung mit A. Czerny[19]) Unterschiede in der Art der durch Sonnenlicht und das Quarzlampenlicht hervorgerufenen Pigmentierung der Haut. Während Axmann an der künstlichen Höhensonne das Fehlen der Wärmestrahlen bemängelt, bricht Thedering[20]) für sie eine Lanze. Auch H. L. Heusner[21]) beurteilt die künstliche Höhensonne wegen jenes Mangels nachteilig. Diesem sollte der Hagemannsche Ring abhelfen. Doch seine Wirkung reicht mit seinen im ganzen 350 HK liefernden Glühlampen nicht aus. Um die künstliche Höhensonne in ihrer Wirkung der natürlichen nahe gleich zu machen, fügt er zu jener die Sollux-Ergänzungslampe hinzu, deren Lichtstärke er derjenigen der Quarzlampe (1500 bis 3000 HK) ungefähr gleich wählt. Um die im Quarzlicht enthaltenen, die Haut reizenden und die Oxydationsfermente des Blutes schädigenden kurzwelligen ultravioletten Strahlen von weniger als 280 mμ Wellenlänge abzufiltrieren, empfiehlt Thedering[22]) den von ihm angegebenen Uviolfilm. Anläßlich des zehnjährigen Bestehens der Quarzlampe gibt H. L. Heusner[23]) einen Überblick über die verschiedenen Entwicklungsstufen der Quecksilberdampflampe und ihrer in 1904 entstandenen Sondergattung: der Quarzlampe.

Röntgenologie.

Röntgenstrahlenerzeuger. In der Röntgentechnik hat mit der Einführung der gasfreien Röntgenröhren in die Praxis eine neue Ära eingesetzt. Den Vortritt hatte die Lilienfeldröhre. Sie ist die erste Lösung des Problems, eine Röntgenstrahlenquelle unveränderlicher und nicht von Zufälligkeiten abhängiger Eigenschaften zu gewinnen, und mit ihr ist es zum erstenmal gelungen, die Strahlenhärte und die Strahlenintensität in weiten Grenzen nach Belieben verändern zu können. Dann kam die dem physikalischen Grundgedanken und dem Aufbau nach wesentlich einfachere Coolidgeröhre. In Deutschland ist sie von der AEG in einer der ursprünglichen Coolidgeröhre getreuen Nachbildung eingeführt und an einigen Stellen als Therapieröhre verwendet worden. Wie einerseits Norden[24]), anderseits W. Friedrich und B. Kroenig[25]) berichten, sind mit ihr an der Freiburger Frauenklinik in der Behandlung von Myomen und Karzinomen hervorragend gute Erfolge erzielt worden. Die Coolidgeröhre in ihrer ursprünglichen Bauart konnte jedoch bloß auf Anwendung für Therapie Anspruch machen, dagegen eignete sie sich nicht gut für Diagnostik. Denn infolge Streuung der Kathodenstrahlen nimmt bei ihr auch die Mantelfläche des Antikathodenklotzes an der Röntgenstrahlenerzeugung teil, was die Entstehung unscharfer Röntgenbilder zur Folge hat. Diesen Nachteil haben S & H richtig erkannt und bei ihrer Glühkathodenröhre für Diagnostik dadurch behoben, daß sie die Wolframantikathode mit einem mit Blendenöffnungen versehenen Eisenmantel umgaben. Erst dadurch ist der Glühkathodenröhre das Gebiet der Diagnostik erschlossen worden. S & H, im besonderen K. Lasser[26]) kommt noch das weitere Verdienst zu, die zum Betriebe der Glühkathodenröhre für Diagnostik und Therapie dienenden Apparate so ausgebildet zu haben, daß die Strahlenhärte und die Strahlenintensität nicht nur überhaupt und in weiten Grenzen, sondern auch voneinander unabhängig verändert werden können. Dies ist dadurch erreicht, daß man zur Spannungsregulierung des zum Betriebe der Glühkathodenröntgenröhre dienenden Hochspannungstransformators nicht in gewohnter Weise einen vorgeschalteten Regulierwiderstand, sondern einen Spartransformator mit Stufenschaltung benutzt. Da die Glühkathodenröhre solange, als die Antikathode nicht zum Glühen gebracht ist,

eine vollständige Ventilwirkung hat und eine übermäßige Erhitzung der Antikathode bei den Diagnostikröhren durch die Anwendung bekannter Mittel mit Sicherheit unterbunden werden kann, so schließen S & H die Glühkathodenröhre unmittelbar an die Sekundärklemmen des Hochspannungstransformators an. Der in Abb. 6 dargestellte, zum Betriebe der Glühkathodenröhre dienende Apparat von S & H enthält demzufolge bloß unbewegliche Teile. Wie stark die Röntgentechnik im Banne der epochemachenden Erfindungen Lilienfelds und Coolidges steht, ergibt sich aus der allseitigen und regen Erfindertätigkeit, die auf dem Gebiete der gasfreien Röntgenröhre eingesetzt hat, und der großen Anzahl von Patentanmeldungen und Patenten[27]) über diesen Gegenstand.

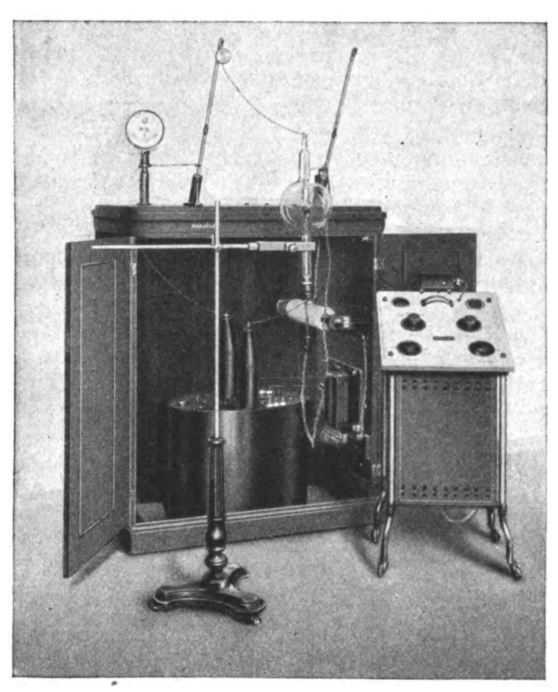


Abb. 6. **Glühkathodenröhren-Einrichtung für Diagnostik.**

Mit dem Auftreten der gasfreien Röntgenröhre ist das Interesse für die Gasreste enthaltende Röntgenröhre im allgemeinen abgeebbt. Eine Ausnahme bildet die von G. Bucky[28]) ersonnene Siederöhre, die sich vermöge ihres Beharrungsvermögens und ihrer Ausdauer als Therapieröhre aufs beste bewährt hat. Um zu verhüten, daß die Temperatur der zur Kühlung der Antikathode dienenden Flüssigkeit unter die Siedetemperatur sinkt, führt Bucky[29]) das zur Aufnahme der Kühlflüssigkeit dienende Gefäß doppelwandig aus und macht den Raum zwischen den zwei Wänden gasleer. Um beim Betriebe der Siederöhre von vornherein stabile Verhältnisse zu schaffen, ordnet C. H. F. Müller[30]), der Hersteller der Buckyschen Siederöhre, im Innern des Kühlgefäßes einen elektrischen Heizkörper an. R. Fürstenau[31]) baut eine Siederöhre, bei der an das Siedegefäß ein Röhrenkondensator zu dem Zwecke angeschlossen ist, um die Kondensation des gebildeten Wasserdampfes herbeizuführen und einen langzeitigen Betrieb der Röhre mit einer unveränderlichen Wassermenge zu ermöglichen. F. Voltz[32]) berichtet über eine sog. Schnellsiederöhre, bei der nur ein kleiner Teil der Kühlwassermenge siedet und deren weitaus größerer Teil lediglich als Vorrat zur Deckung der in Dampfform entweichenden Kühl-

wassermenge dient. Diese Kompensation vollzieht sich selbsttätig. — Wintz[33]) berichtet über eine der Firma Reiniger, Gebbert & Schall[34]) geschützte Einrichtung zur selbsttätigen Härteregulierung von Röntgenröhren. Sie besteht aus einem als Kontaktrelais ausgebildeten Milliamperemeter, das im Falle, daß die Röhrenstromstärke infolge Anwachsens der Röhrenhärte unter ein gewisses Maß sinkt, den Stromkreis eines auf die Regeneriervorrichtung einwirkenden Elektromagnets schließt.

Bemerkenswerte Neuerungen im Bau von Induktoren und Unterbrechern sind nicht bekannt geworden. Sehr eingehend sind in einer Arbeit von P. Ludewig[35]) die Flüssigkeitsunterbrecher (Wehnelt- und Simon-Unterbrecher), ihre Theorie und ihre Verwendung im Röntgenbetriebe an Hand sehr lehrreicher Kinematogramme und Oszillogramme behandelt. In einer anderen Arbeit übt P. Ludewig[36]) Kritik an den verschiedenen Arten von mechanischen Unterbrechern. — In vielen Dreileiteranlagen wird der Anschluß von Röntgeninduktoren zwischen dem einen Außenleiter und dem Mittelleiter nicht zugelassen. Um eine gleichmäßige Belastung beider Netzhälften zu erzielen, verwenden S & H[37]) in solchen Fällen einen Induktor mit zwei gleichen, an den Mittelleiter einpolig angeschlossenen Primärwicklungen, die durch einen rotierenden Umschalter abwechselnd an den einen und den anderen Außenleiter angeschaltet werden. Um bei Induktorbetrieb sehr harte Röntgenstrahlen zu erzielen, empfiehlt P. Ludewig[38]), Luftfunkenstrecken mit der Röhre in Reihe zu schalten und den Ohmschen Widerstand des Sekundärkreises (den der Sekundärwicklung) sehr groß zu wählen. Das gleiche suchen mittels einer von einer Wechselstromquelle gespeisten Röntgenröhre Reiniger, Gebbert & Schall[39]) dadurch zu erreichen, daß sie parallel zu den Sekundärklemmen des Hochspannungstransformators einen Kondensator schalten und einen rotierenden Hochspannungsschalter (Gleichrichter) verwenden, der den Röhrenkreis bloß für die kurzen Zeitintervalle der Spannungsmaxima schließt. — Um einer Röntgenröhre nach Belieben Strahlengemische hohen und niedrigen Härtegrades entnehmen zu können, bedient sich F. J. Koch[40]) einer mit dem Röntgenstrahlenerzeuger synchron wirksamen, rotierenden Blende, die so einstellbar ist, daß sie die Röntgenstrahlung beispielsweise bloß in den Zeitintervallen der Spannungsmaxima oder derjenigen der niedrigen Spannungswerte durchläßt. — Eine bemerkenswerte Vervollständigung des Hochspannungsgleichrichters stellt der sog. Periodenwähler von S & H[41]) dar. Dies ist ein mit dem Gleichrichter synchron rotierender Primärunterbrecher, der im Zusammenwirken mit den von ihm gesteuerten Relais und Schaltern es ermöglicht, zum Zwecke der Herstellung von Einzelschlag- und Momentaufnahmen den Primärkreis des Hochspannungstransformators auf die Dauer einer Halbperiode, einer Periode, 1½ oder 2 Perioden ein einziges Mal zu schließen. Der Periodenwähler gestattet es auch, den Gleichrichter mit einer kleinen sekundlichen Impulszahl rhythmisch zu betätigen und ihn so für den Therapiebetrieb geeigneter zu machen.

Röntgendiagnostik. Von allen Fragen der Röntgenologie ist die der Fremdkörperlokalisation im Laufe des Berichtjahres am häufigsten behandelt worden. Immer wieder tauchen neue Lokalisationsverfahren auf. Fast jedes von diesen wird vom Erfinder als die genaueste, sicherste und einfachste Methode der Lagebestimmung von Fremdkörpern gepriesen. Doch, von 1 bis 2 Fällen abgesehen, handelt es sich in Wirklichkeit nicht um neue Methoden, sondern teils um kleine Abänderungen der bekannten Lokalisationsverfahren, teils um gewisse Hilfsmittel, die entweder zur Erhöhung der Meßgenauigkeit oder zur Erleichterung der Arbeit bei der Bestimmung und der Rekonstruktion der Lage von Fremdkörpern dienen sollen. So haben H. Schmerz[42]) und R. Sahatschieff[43]) Meßzirkel ersonnen, die bei der röntgenoskopischen Viermarkenmethode zur Anwendung kommen sollen. Rehn und Edner[44]) bedienen sich eines durch ein Scharnier gelenkig gemachten Bleidrahtes zwecks Anfertigung einer Schablone vom Körperumriß des Kranken in der durch den Fremdkörper und die vier Hautmarken bestimmten Querebene. Der Quadratfeldrahmen

von Wagener[45]), das dreieckige Bleiblech nach P. Krause[46]), der von Hammes und Schoepf[47]) angegebene Hilfsapparat zur Lagefixierung des Körpers und die Kurventafeln von J. Würschmidt[48]) und Baath[49]) sind Hilfsgeräte, die bei der Lagebestimmung von Fremdkörpern nach dem Moritz-Fürstenauschen Verschiebungsverfahren (Doppelaufnahme auf einer Platte) Vorteile bieten sollen. Ein weiteres Hilfsgerät, das unter Zugrundelegung dieses Verfahrens sowohl röntgenoskopische, wie röntgenographische Lokalisationen durchzuführen gestattet, ist der Lokalisationswinkel nach L. Freund[50]). Eine Variante des Moritz-Fürstenauschen Verfahrens ist die Schwebemarkenmethode nach H. Wachtel[51]), die er bereits im Jahre 1914 veröffentlicht hat und neuerdings eingehender erörtert. Die in konstanter Höhe oberhalb der Platte anzuordnende Schwebemarke macht ihn von der Größe der Röhrenverschiebung und dem Fokusplattenabstand unabhängig. Ebenfalls auf dem Moritz-Fürstenauschen Verfahren beruht der Sweetsche Apparat zur Lokalisation von Fremdkörpern im Auge, über den Pflugk und Weiser[52]) berichten. Zu dem gleichen Zweck dient ein Hilfsapparat von Stumpf[53]), der für Arbeiten nach dem Müller-Christenschen Verschiebungsverfahren (Doppelaufnahme auf zwei Platten) bestimmt ist. — Einen eigenen Weg geht A. Kautzky-Bey[54]), der eine Durchleuchtung und eine Aufnahme bei unveränderter Lage des Kranken macht. Sehr sinnreich und überraschend einfach ist das in die Klasse der Verschiebungsmethoden gehörige Durchleuchtungsverfahren von G. Holzknecht, O. Sommer und R. Mayer[55]), das als Blendenrandmethode bezeichnet wird. Bei dieser ist die Verschiebung des Fremdkörperschattens auf dem Leuchtschirm ein vom Fokusschirm-Abstand unabhängiges Maß der Tiefenlage des Fremdkörpers und dieser proportional. Der Proportionalitätsfaktor ist durch das Verhältnis der Blendenweite zum Fokusblenden-Abstand gegeben. Zur Ausübung dieses Verfahrens, das sehr genaue Ergebnisse in kürzester Zeit liefert, ist keinerlei Hilfsmittel außer dem Durchleuchtungsgerät selbst erforderlich. Haberle und Kaestle[56]) geben eine Modifikation dieses Verfahrens an. — Syring[57]) tritt für das stereoskopische Verfahren nach Gillet ein. W. Frensdorff[58]) bestimmt die Lage der Fremdkörper aus stereoskopischen Aufnahmen auf rechnerischem Wege. W. Trendelenburg[59]) empfiehlt die unmittelbare Messung des Raumbildes. A. Hasselwander[60]) erörtert die Grundbedingungen der genauen Stereoröntgenogrammetrie und beschreibt einen von ihm angegebenen Apparat, der es gestattet, das Raumbild mit einem in drei zueinander senkrechten Richtungen bewegbaren Lichtpunkte abzutasten und wagrechte oder senkrechte Schnitte von dem im Stereogramm dargestellten Körper und dessen inneren Organen aufzuzeichnen. — Dietlen[61]) empfiehlt die Durchleuchtung zum Zwecke der Voruntersuchung und das stereoskopische Verfahren als Hauptmethode für die Fremdkörperlokalisation. A. Köhler[62]) verquickt das Fürstenausche Verfahren mit der Stereoskopie, wobei er es so einrichtet, daß er mit zwei Platten auskommt.

Mit der geometrischen Fremdkörperlokalisation, welche Methode auch angewandt worden sei, ist für den Chirurgen noch nicht viel erreicht. Wenn auch der Röntgenbefund angibt, in wieviel Zentimeter Tiefe unter der vom Röntgenologen angegebenen Hautmarke der Fremdkörper liegt, so weiß der Chirurg noch nicht, in welcher Richtung er, von der Hautmarke ausgehend, den Fremdkörper zu suchen hat. Es muß ihm der Weg noch gewiesen werden. O. Weski[63]), der denjenigen Hautpunkt bestimmt, der bei einer bestimmten Lage des Patienten auf dem Durchleuchtungstisch senkrecht über dem Geschoß liegt, und dessen Abstand vom Fremdkörper nach dem Fürstenauschen Verfahren ermittelt, legt die Lage des Körpers durch eine Anzahl in bestimmter Höhenlage über der Platte angebrachter Linienmarken fest zu dem Zwecke, um diese Körperlage später (auf dem Operationstisch) wieder herstellen und jene Senkrechte finden zu können, in der der Fremdkörper liegt. Außerdem bedient er sich des sog. Indikators, mit Hilfe dessen die Lage des Fremdkörpers relativ zu einem auf der Haut gewählten Fixpunkt rekonstruiert werden kann.

Dieser rein geometrischen Lokalisierung läßt Weski[64]) eine anatomische folgen, die in der Festlegung der Geschoßlage in Beziehung zu fühlbaren Knochenteilen oder bestimmten auf der Hautoberfläche anzubringenden Linien, ferner in einer Rekonstruktion mit Hilfe der Querschnittsanatomie besteht. G. Holzknecht[65]), der es sehr bemängelt, daß fast nur an der geometrischen Lokalisationstechnik, nicht jedoch an der röntgenologisch-chirurgischen Aufsuchungstechnik gearbeitet wird, verweist auf die bereits vergessene Methode der Fremdkörperpunktion, die Perthes im Jahre 1902 ersonnen hat, und die von Grünfeld und Holzknecht im Jahre 1904 angegebene Fremdkörperharpunierung. An der Stelle, wo der Chirurg den Eingriff zwecks Entfernung des Steckschusses zu machen gedenkt, wird eine Harpune in die Haut eingestochen und unter der Kontrolle der Durchleuchtung bis zum Fremdkörper vorgeschoben. Die Harpune dient dem Chirurgen als Wegweiser. In genau der gleichen Weise verfährt K. Hammesfahr[66]) mit seinem Sucher und ebenso Weski[67]) mit seinem durch eine Kanüle geführten Leitdraht. G. Holzknecht[68]) läßt auch das zuerst von ihm und Grünfeld im Jahre 1904 angegebene Verfahren der röntgenoskopischen Operation aufleben und bildet es weiter durch. Er baut einen Operationstisch mit einer Untertischröhre, zu der der Strom von einem unterhalb des aseptischen Operationssaales angeordneten Röntgenstrahlengenerator durch Deckenisolatoren zugeführt wird, so daß die Operation selbst unter zeitweiser Leitung des Schirmbildes bei Einhaltung der Forderungen der Asepsis vollzogen werden kann. Um die Operation bei Tageslicht ausführen zu können, bedient man sich des Grasheyschen Monokels und des diesem überlegenen Brillenkryptoskopes samt der zugehörigen Brille nach Holz knecht, das von beiden Augen gleichzeitig Gebrauch zu machen gestattet. Das von H. Schmidt[69]) empfohlene Verfahren bei der Operation von Steckschüssen weicht vom Holzknechtschen wenig ab.

Grashey[70]) schildert einige feldmäßige Improvisationen röntgenologischer Hilfsgeräte. — G. Schwarz[71]) hat durch Versuche festgestellt, daß man auf dem wenig empfindlichen Bromsilberpapier von Lainer mit Verstärkungsfolie Bilder annähernd der gleichen Klarheit erhält, wie auf Platten, wenn man Strahlen größerer Härte verwendet. Er empfiehlt für den Feldröntgenbetrieb die Verwendung von Papier der vielen Vorteile willen, die es gegenüber Platten bietet.

Röntgentherapie. In einer sehr umfangreichen Arbeit behandelt A. Gunsett[72]) sehr eingehend die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Haut und leitet her, daß man bei der Therapie von Hautkrankheiten mit boerflächlichem Sitz von den bisher gebräuchlichen Strahlen von 1,0 cm Halbwert-Schichtdicke abgehen und statt deren eine 1,6 cm-Strahlung wählen soll. G. Stümpke[73]) weist auf die Bedeutung der gefilterten Strahlung für Oberflächentherapie hin. — M. Fränkel[74]) bespricht die therapeutische Anwendung der Röntgenstrahlen bei Kriegsverletzten und empfiehlt sie zur Wundbehandlung, weil sie zarten, sicheren Narbenverschluß herbeiführt. — L. A. Beeck und R. Hirsch[75]) schildern ihre tiefentherapeutische Methode bei der Behandlung von Herz- und Gefäßkrankheiten. — A. Bacmeister[76]) hat bei der Lungentuberkulose durch eine kombinierte Quarzlicht- und Röntgentherapie zufriedenstellende Erfolge erzielt. — W. John[77]) hat in einer sehr umfangreichen Arbeit alle erforderlichen Daten über die Technik einer großen Zahl von Röntgentherapeuten bei der Behandlung der Myome zusammengetragen und bringt eine umfangreiche Statistik der mittels der verschiedenen Methoden erzielten Erfolge. Er gelangt zum Ergebnis, daß es durch Verstärkung der Dosen für die Sitzung, Serie und Gesamtbestrahlung gelungen ist, die Heilungsziffer von 70% auf 95% zu steigern. F. Heimann[78]) hat gefunden, daß man mittels der Röntgentherapie Myome wohl zum Schrumpfen, aber nicht zum Verschwinden bringen kann, und daß eine radikale Heilung von Karzinomen mit Röntgenstrahlen nicht möglich ist. G. Klein[79]) kann eine Reihe von Uteruskarzinomfällen aufweisen, in denen nach Röntgen- und Mesothorium- oder Radiumbestrahlung und der Anwendung intravenöser Injektion von Radium-Barium-Selenat innerhalb einiger

Jahre kein Rückfall eingetreten ist. W. Friedrich und B. Kroenig[25]) finden, daß die Sensibilität des Karzinoms von derjenigen der Haut sehr wenig verschieden ist. Daher ist die Röntgenbehandlung von Tiefenkarzinomen gefahrvoll. Bei Myomen und Brustkrebsen haben sie vorzügliche Erfolge erzielt. Sie legen großes Gewicht darauf, daß die Bestrahlung in einer einzigen Sitzung erfolgt. Nach A. Theilhaber[80]) besteht die günstige Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen bei der Krebsbehandlung nicht nur in der Zerstörung des Karzinomgewebes, sondern auch in der Vermehrung der Abwehrmittel gegen das Karzinom (insbesondere Vermehrung der Lymphozyten und Bindegewebszellen). Zu starke Dosen können jedoch zu einer Schädigung der Lymphozyten und Bindegewebszellen führen, was zur Folge hat, daß das Karzinom Fortschritte macht, anstatt zurückzugehen. — H. Wintz und L. Baumeister[81]) erreichen durch Filterung mit einem Zinkfilter von 0,5 mm Dicke eine bedeutend bessere Wirkung als mit einem 3 mm dicken Aluminiumfilter. Sie schließen daraus, daß Zink als Filtermaterial dem Aluminium überlegen ist. Diese Auffassung ist irrig; Zn und Al unterscheiden sich kaum in der Absorption der Röntgenstrahlen. Das 0,5 mm dicke Zinkfilter ist dem 3 mm starken Al-Filter nur der Dicke wegen überlegen. Seine Wirkung kommt der eines 5 bis 6 mm dicken Aluminiumfilters gleich.

Röntgeninstitute. H. Dietlen[82]) beschreibt das neue Zentral-Röntgeninstitut des Bürgerspitales in Straßburg i. E. A. Schönfeld[83]) bringt als erster eine interessante Statistik über die Betriebskosten seines Röntgeninstitutes.

Strahlenmessungen. Die Tatsache, daß irgendein Stoff die ihm charakteristische Röntgenstrahlung bloß unter der Einwirkung von solchen Röntgenstrahlen aussendet, die härter sind als jene, nutzt R. Glocker[84]) zum Bau eines Strahlenanalysators in sehr geschickter Weise aus. Er läßt die zu untersuchende Strahlung auf verschiedene Metallplättchen auftreffen und fängt die von diesen ausgesandten Sekundärstrahlungen auf einer photographischen Platte auf. Er erhält auf dieser eine Art Spektrum, das erkennen läßt, welche Intensitätsanteile die jene Sekundärstrahlungen selektiv erregenden, verschieden harten Strahlenkomponenten an der Gesamtintensität haben.

Durch einen sehr glücklichen Einfall dürfte es Th. Christen[85]) glücken, aus dem von der Strahlenhärte abhängigen Dosimeter einen härteunabhängigen Flächenenergiemesser zu erhalten. Er ordnet über dem Strahlenmeßgerät (Ionisationskammer) einen rotationsparabolischen Hohlkörper solcher Form an, daß die Prozentsätze der durch ihn von den verschiedenen Strahlengattungen hindurchgelassenen Energiemengen ihren Halbwertschichtdicken proportional sind. Die Angabe des diese Ausfallstrahlung empfangenden Strahlenmeßgerätes muß demzufolge der Strahlungsintensität proportional und von der Härte unabhängig sein. Er zeigt, wie man mit dem Integral-Iontometer außer Flächenenergien physikalische Dosen bestimmen und Härtemessungen vollführen kann. Um das Bromsilberpapier (Kienböckstreifen) zu einem härteunabhängigen Dosimeter zu machen, lassen Reiniger, Gebbert & Schall[86]) das durch die Röntgenstrahlen in einem Leuchtschirm erregte Fluoreszenzlicht auf das Bromsilberpapier einwirken. Wie J. K. A. Wertheim-Salomonson[87]) zeigt, wächst die Schwärzung der Bromsilbergelatine mit wachsender Lichtmenge bei Röntgenstrahlen weniger schnell an als bei Lichtstrahlen. — K. Weissenberg[88]) macht auf die Verwechselungen von Dosis und Absorption aufmerksam, die man beim Gebrauche des Begriffes „Dosis“ leicht begehen kann, und empfiehlt, an Stelle der Dosis die Flächenenergie zu messen und anzugeben. Th. Christen[89]) weist auf verschiedene landläufige Irrtümer bei Strahlenmessungen hin.

Elektrobiologie.

S. Garten[90]) stellt die Beziehung des Druckes im Ventrikel zu dem der Aorta und die Beziehung dieser Drucke zum Elektrokardiogramm fest. Zur Aufzeichnung des Druckes benutzt er ein Franksches Manometer, bei dem die Ausbiegung der Gummimembrane die Verengerung einer von einem elek-

trischen Strom durchflossenen Elektrolytsäule zur Folge hat, und ein Saitengalvanometer, das die Widerstandsänderung der Flüssigkeitssäule mißt. S. Garten und A. Weber[91]) prüfen das zeitliche Verhältnis der Druckkurve des rechten Vorhofes zum Elektrokardiogramm. Weiter liefert S. Garten mit W. Sulze[92]) einen Beitrag zur Deutung der T-Zacke des Elektrokardiogramms. W. Einthoven, F. L. Bergansius und J. Bijtel[93]) legen großes Gewicht auf die gleichzeitige Aufzeichnung der den bekannten drei Ableitungsarten entsprechenden Elektrokardiogramme. Sie beschreiben die von ihnen benutzte Einrichtung zur Aufzeichnung zweier Kardiogramme. Diese besteht aus zwei Saitengalvanometern, die so aufgestellt sind, daß ihre optischen Achsen in eine Gerade fallen. — H. Boruttau[94]) nimmt den Standpunkt ein, daß der Tod durch Starkstrom nicht einen Schock und die Lähmung der Atembewegungen, sondern das Flimmern der Herzkammern zur Ursache hat. Das Studium des ganzen im Deutschen Reiche seit 1906 gesammelten Materials über Starkstromunfälle bestärkt ihn in seiner Meinung. Prévost und Battelli haben die von d'Arsonval bei Starkstromunfällen empfohlene künstliche Atmung für zwecklos erklärt, da sie kein Mittel zur Verhütung des Kammerflimmerns ist. Boruttau empfiehlt ihre Anwendung trotzdem, und zwar mit Rücksicht auf die Fälle, in denen der Strom nicht durchs Herz gegangen ist und das Herz zu flimmern nicht begann. Das flimmernde Herz ist irreparabel, es sei denn, daß man in der ersten Viertelminute nach Eintritt des Flimmerns einen hochgespannten Wechselstrom durchs Herz schickt.

A. Zimmern[95]) bespricht die biologischen Wirkungen des Sonnenlichtes, insbesondere die durch die chemisch wirksamen Strahlen hervorgerufene Pigmentierung. Das Pigment sieht er als den Träger einer großen Wärmemenge an, die im Gewebe eingeschlossen ist. H. L. Heusner[96]) entwickelt die Anschauung, daß die Lichtstrahlen eine Verschiebung von Elektronen in den Zellen herbeiführen, die Änderungen des Stoffwechsels zur Folge haben. Durch zu starke Lichtwirkung kann der ganze Verband der Elektronen zerstört werden, und die Zelle stirbt ab. — Arnold[97]) hat Änderungen in der Morphologie des Blutes, Lymphozytenschwund und Vermehrung der Leukozyten unter dem Einflusse der Röntgenstrahlen festgestellt. Deswegen empfiehlt er bei Tiefenbestrahlungen die ständige Kontrolle des Blutbildes und Einstellung der Therapie, wenn die Gesamtleukozytenzahl unter 4000 sinkt.

[1]) Laqueur, Berl. klin. Woch. 1916, S 1271. — [2]) Nagelschmidt, Strahlenther. Bd 7, S 222. — [3]) Bangert, Fortschr. Röntgenstr. Bd 24, S 17; Z. ärztl. Fortbildung 1916, S 307. — [4]) Disqué, Z. phys. u. diät. Ther. 1916, S 12. — [5]) Preleitner, Wien. klin. Woch. 1916, S 393. — [6]) Kowarschik, Wien. klin. Woch. 1916, S 459. — [7]) Bucky, Strahlenther. Bd 7, S 248. — [8]) Bangert, Z. ärztl. Fortbildung 1916, S 78. — [9]) Bangert, Z. phys. u. diät. Ther. 1916, S 271. — [10]) Boerner u. Schmidt, Strahlenther. Bd 7, S 266. — [11]) S & H, DRP 289336. — [12]) Faßbender, ETZ. 1916, S 132. — [13]) Reiniger, Gebbert & Schall, DRP 291328. — [14]) Laqueur, Strahlenther. Bd 7, S 115. — [15]) Jesionek, Strahlenther. Bd 7, S 41. — [16]) Skaupy, Berl. klin. Woch. 1916, S 313. — [17]) Thedering, Strahlenther. Bd 7, S 119. — [18]) Axmann, Z. phys. u. diät. Ther. 1916, S 297. — [19]) Czerny, Z. phys. u. diät. Ther. 1916, S 129. — [20]) Thedering, Z. phys. u. diät. Ther. 1916, S 372. — [21]) Heusner, Strahlenther. Bd 7, S 192. — [22]) Thedering, Münchn. med. Woch. 1916, S 494. — [23]) Heusner, Strahlenther. Bd 7, S 628. — [24]) Norden, ETZ 1916, S 640. — El. Masch.-Bau 1916, S 580. — Z. Beleucht. 1916, S 124. — [25]) Friedrich u. Kroenig, Münchn. med. Woch. 1916, S 1445. — [26]) Lasser, Berl. klin. Woch. 1916, S 297, 334. — Quaink, Helios Fachz. 1916, S 193. — Kollatz, El. Anz. 1916, S 450, 466. — [27]) DRP 291583, 291941, 292464, 292595, 292908, 293503, 293727, 294251, 294829, 295023, 295024, 295426 u. 295395. — [28]) JB 1915, S 226. — [29]) Bucky, DRP 293046. — [30]) Müller, DRP 291623. — [31]) Fürstenau, Dtsch. med. Woch. 1916, S 418. — Meyer, Fortschr. Röntgenstr. Bd 24, S 16. — [32]) Voltz, Strahlenther. Bd 7, S 502. — [33]) Wintz, Münchn. med. Woch. 1916, S 382. — [34]) Reiniger, Gebert & Schall, DRP 292822. — [35]) P. Ludewig, Helios Fachz. 1916, S 49. — [36]) P. Ludewig, Helios Fachz. 1916, S 353. —

[37]) S & M, DRP 289967. — [38]) Ludewig, El. Masch.-Bau 1916, S 317. — [39]) Reiniger, Gebbert & Schall, DRP 292126. — [40]) Koch, DRP 293239. — [41]) S & H, DRP 289165. — [42]) Schmerz, Münchn. med. Woch. 1916, S 40. — [43]) Sahatschieff, Münchn. med. Woch. 1916, S 1248. — [44]) Rehn u. Edner, Dtsch. med. Woch. 1916, S 638. — [45]) Wagener, Fortschr. Röntgenstr. Bd 23, S 444; Bd 24, S 219, 221. — [46]) Krause, Berl. klin. Woch. 1916, S 362. — [47]) Hammes u. Schoepf, Dtsch. med. Woch. 1916, S 252. — [48]) Würschmidt, Dtsch. med. Woch. 1916, S 485. — [49]) Baath, Münchn. med. Woch. 1916, S 1682. — [50]) Freund u. Praetorius, Die radiologische Fremdkörperlokalisation bei Kriegsverwundeten, Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien 1916, S 95. — [51]) Wachtel, Fortschr. Röntgenstr. Bd 23, S 405. — [52]) Pflugk u. Weiser, Fortschr. Röntgenstr. Bd 24, S 308. — [53]) Stumpf, Münchn. med. Woch. 1916, S 1606. — [54]) Kautzky, Münchn. med. Woch. 1916, S 246. — [55]) Holzknecht, Sommer u. Mayer, Münchn. med. Woch. 1916, S 491. — [56]) Haberle u. Kaestle, Münchn. med. Woch. 1916, S 1247. — [57]) Syring, Dtsch. med. Woch. 1916, S 576. — [58]) Frensdorff, Münchn. med. Woch. 1916, S 554. — [59]) Trendelenburg, Z. ärztl. Fortbild.g 1916, S 72. — [60]) Hasselwander, Münchn. med. Woch. 1916, S 761. — Fortschr. Röntgenstr. Bd 24, S 345. — [61]) Dietlen, Münchn. med. Woch. 1916, S 1201. — [62]) Köhler, Dtsch. med. Woch. 1916, S 752. — [63]) Weski, Die röntgenologische Lagebestimmung von Fremdkörpern, Enke, Stuttgart 1915. — [64]) Weski, Z. ärztl. Fortb. 1916, S 77. — [65]) Holzknecht, Münchn. med. Woch. 1916, S 185. — [66]) Hammesfahr, Fortschr. Röntgenstr. Bd 23, S 423. — [67]) Fürstenau, Fortschr. Röntgenstr. Bd 24, S 125. — [68]) Holzknecht, Jahreskurse f. ärztl. Fortb. 1916, Augustheft, S 23. — [69]) Schmidt, Berl. klin. Woch. 1916, S 1385. — [70]) Grashey, Münchn. med. Woch. 1916, S 137. — [71]) Schwarz, Wien. klin. Woch. 1916, S 1016. — [72]) Gunsett, Strahlenther. Bd 7, S 639. — [73]) Stümpke, Med. Klinik 1916, S 1205. — [74]) Fränkel, Strahlenther. Bd 7, S 149. — [75]) Beeck u. Hirsch, Med. Klinik 1916, S 877. — [76]) Bacmeister, Dtsch. med. Woch. 1916, S 99. — [77]) John, Strahlenther. Bd 7, S 300. — [78]) Heimann, Strahlenther. Bd 7, S 581. — Berl. klin. Woch. 1916, S 1025. — [79]) Klein, Münchn. med. Woch. 1916, S 1821. — [80]) Theilhaber, Berl. klin. Woch. 1916, S 1027. — [81]) Wintz u. Baumeister, Fortschr. Röntgenstr. Bd 24, S 240. — Münchn. med. Woch. 1916, S 189. — [82]) Dietlen, Fortschr. Röntgenstr. Bd 23, S 453. — [83]) Schönfeld, Fortschr. Röntgenstr. Bd 24, S 199. — [84]) Glocker, Fortschr. Röntgenstr. Bd 24, S 91. — [85]) Christen, Fortschr. Röntgenstr. Bd 23, S 520. — [86]) Reiniger, Gebbert & Schall, DRP 293137. — [87]) Wertheim-Salomonson, Fortschr. Röntgenstr. Bd 23, S 509. — [88]) Weissenberg, Fortschr. Röntgenstr. Bd 23, S 526. — [89]) Christen, Strahlenther. Bd 7, S 452. — [90]) Garten, Z. Biologie Bd 66, S 23. — [91]) Garten u. Weber, Z. Biologie Bd 66, S 83 u. 326. — [92]) Garten u. Sulze, Z. Biologie Bd 66, S 433. — [93]) Einthoven, Bergansius u. Bijtel, Pflügers Archiv Bd 164, S 167. — [94]) Boruttau, Berl. klin. Woch. 1916, S 912. — [95]) Zimmern, Strahlenther. Bd 7, S 66. — [96]) Heusner, Strahlenther. Bd 7, S 77. — [97]) Arnold, Münchn. med. Woch. 1916, S 149.

XVIII. Erdstrom, atmosphärische Elektrizität, Blitzableiter und Blitzschläge.

Von Professor Dipl.-Ing. Sigwart Ruppel.

Aus dem Vergleich[1]) der Schwankungen der Deklination und der Sonnentätigkeit folgert man, daß die Schwankungen der Amplitude durch die Zahl der Sonnenflecke beeinflußt wird. Auch die Zahl der beobachteten Nordlichter ist abhängig von der Stärke der Amplitudenschwankungen, d. h. von der Sonnentätigkeit. Nach Versuchen von Birkeland nahm man an, daß dieser Einfluß der Sonne sich daraus erklärt, daß Elektronen aus bestimmten Teilen der Sonne ausgesandt werden. Das führte auch dazu, das Vorhandensein eines Stromes von elektrisch geladenen Teilchen anzunehmen, der die Erde in der Äquatorebene umkreist. Auf Grund von Nordlichtbeobachtungen glaubte Birkeland die Aussendung dieser elektrischen Teilchen auf den Kathodenstrahlen ähnliche Strahlungsart zurückführen zu können.

Nun sind durch photographische Aufnahmen der Nordlichter von zwei Stellen aus durch Störmer und durch Krogneß[2]) eine große Reihe genauer Höhenbestimmungen vorgenommen worden, die bei vorzüglicher Übereinstimmung ergeben, daß die Nordlichter etwa die Höhe 100 km als unterste Grenze haben. Vegard[3]) sucht nun nachzuweisen, daß es zur Erklärung dieser Höhe des Nordlichtes nötig sei, sehr weiche (leicht absorbierbare) Kathodenstrahlen anzunehmen, während die von ihm schon früher unter der Annahme von α-Strahlen berechnete Höhe des Nordlichtes mit den Messungen übereinstimmen. Er sucht auch nachzuweisen, daß der von Störmer berechnete und von Birkeland auf Grund von Versuchen angenommene Stromring aus Kathodenstrahlen nicht bestehen kann. Aus seinen Berechnungen schließt er, daß die Sonne im ganzen fast elektrisch neutral ist und an ihrer Oberfläche die elektrische Kraft die Größenordnung $2 \cdot 10^{-7}$ elektrostat. Einheiten nicht überschreiten kann. Nur lokale stärkere Felder können auf ihr vorhanden sein, die zuzeiten den Strahlen eine vergrößerte Geschwindigkeit erteilen und sie tiefer in die Atmosphäre der Erde zwingen. Diese magnetischen Felder auf der Sonne denkt er sich entstanden durch Ströme, die als eine Art thermoelektrischer Ströme charakterisiert werden. Seine Theorie der kosmischen Strahlen, die α-Strahlen als Ursache des Nordlichtes annimmt, scheint eine gute Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung zu geben.

In einer zusammenfassenden Arbeit[4]) stellt Geitel die verschiedenen Theorien über die Entstehung der Gewitterelektrizität gegenüber und weist darauf hin, daß das einheitliche Bild der „wasserfallelektrischen" Theorie des Gewitters stark gestört wurde durch den Zwang, bei Wintergewittern eine besondere Quelle für die Eigenelektrizität der ausschließlich in Gestalt von Eis fallenden Niederschläge anzunehmen. Da das regelmäßige Vorkommen von Eis in den Gewitterwolken mindestens nicht unwahrscheinlich ist, so erscheint es fraglich, ob man einer auf dem Verhalten flüssigen Wassers aufgebauten Gewittertheorie überhaupt bedarf. Geitel weist darauf hin, daß die von ihm in Gemeinschaft mit Elster aufgestellte Influenztheorie, unter Verzicht auf die Annahme irgendwelcher besonderen zwischen Wasser, Eis, Schnee und Luft tätigen elektromotorischen Vorgänge, das Wasser nur als Leiter betrachte. Die Niederschlagsteilchen, die sich im Fallen überholen, sich berühren und trennen, seien als Grundbestandteile einer Influenzmaschine zu betrachten, die ein bereits vorhandenes elektrisches Feld zu stetig anwachsenden Beträgen steigern. Wenn auch diese Theorie nicht Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann und eine quantitative Abschätzbarkeit durch Versuche bisher nicht möglich war, so ist eine qualitative Wirkung in ihrem Sinne doch mit Sicherheit anzunehmen. Er sucht die Einwände von Simpson zu entkräften und möchte die Theorie nicht verlassen, ehe ein vollwertiger Ersatz in einer alle wesentlichen Erscheinungen umfassenden Theorie gefunden ist.

Gockel[5]) findet, daß der Erhöhung der Leitfähigkeit der Atmosphäre am Morgen mit fast absoluter Sicherheit ein Gewitter am Nachmittag oder Abend folgt und Messungen der Leitfähigkeit am Morgen von 8 bis 9 h eine kurzzeitige Gewittervorhersage gestatten. Er erklärt die fehlende Übereinstimmung bei der Nachprüfung an den Potsdamer Registrierungen von Budig durch die Messung der Leitfähigkeit in unmittelbarer Nähe des Bodens und die besondere Lage des Potsdamer Observatoriums und empfiehlt, um festzustellen, ob die Verhältnisse im Flachland anders liegen als am Rande der Alpen (Freiburg), Prüfung der Gewitterprognose durch Leitfähigkeitsbestimmungen an anderen Orten Deutschlands.

Bei einer Betrachtung über die verschiedenen Schallreflexionen (an Wolkenluft, Regenwand, Grenze gegen Luft verschiedenen Feuchtigkeitsgehaltes, Grenzschicht von verschieden temperierten Luftmassen), die für den Donner in Betracht kommen, findet Blaschke[6]), daß der gehörte Donner nicht so sehr dem Echo zu verdanken wäre, sondern vielmehr einer Verstärkung der Gesamtintensität des Schalles, sobald an der Erdoberfläche eine Schicht kalter

Luft auflagert, also nach dem Vorbeiziehen des Hauptgewitters. Der Donner sei deshalb nach dem Gewitter viel weiter zu hören als vorher (Abweichungen durch Windrichtung). Hierfür käme für Blitze, deren Bahn in der Höhe verläuft, totale Reflexion in Betracht, während einschlagende Blitze davon unabhängig sind.

Interessante Vergleichswerte zu den deutschen Gewitterbeobachtungen ermittelt Süring[7]) aus den Tabellen über Gewittertage in Nordamerika von Alexander. Er findet eine deutliche Zunahme der Gewitter längs der Küste des Atlantischen Ozeans von Norden nach Süden, und zwar etwa um 3 Gewittertage pro Breitengrad, schwankend von 8 bis 75 Gewittertagen zwischen etwa 50 bis 25^0 n. Br. An der pazifischen Küste ist keine Station mit mehr als 6 Gewittertagen und San Franzisko (Minimum) hat weniger als einen Gewittertag. Auch von Westen nach Osten steigt die Zahl der Gewittertage.

Die gemeindeweise Herstellung von Blitzableitern, besonders unter Benutzung der elektrischen Ortsleitung, wird von Weber[8]) unter Hinweis auf die sich hierdurch ergebenden Vorteile und die geringen Kosten empfohlen.

Die schon seit vielen Jahren angestrebte Verbesserung der Bestimmungen für den Anschluß der Blitzableiter an Gas- und Wasserrohre, den bisher die Gas- und Wasserfachleute zum Schaden des Blitzableiterbaues unnötig erschwert hatten, bringt eine Neubearbeitung von Scheelhaase[9]). Wenn hierin auch noch die Forderung der Überbrückung von Gas- und Wassermessern, Anschluß an Straßenrohrleitungen statt der Kellerleitungen und einige strengere Bedingungen enthalten sind, so stellen die vorgeschlagenen Bestimmungen doch einen ganz wesentlichen Fortschritt dar.

Bei Untersuchungen über den Erdwiderstand finden Collum und Logan[10]), daß der Erdwiderstand mit steigendem Druck geringer wird, ebenso mit zunehmender Feuchtigkeit bis zu einem Minimum bei etwa 50% Feuchtigkeit. Bei Temperaturerniedrigung steigt der Widerstand und geht beim Gefrierpunkt plötzlich stark in die Höhe. Diese Resultate decken sich völlig mit den in der ETZ 1913 von Ruppel angeführten Messungen. Weitere Untersuchungen erstrecken sich auf die Abhängigkeit des Übergangswiderstandes von der Beschaffenheit der Elektrodenoberfläche und der Polarisation der Elektroden.

[1]) Revue Scientif. 1916, Heft 8. — [2]) Vegard, Krogneß, Ann. Phys. R 4, Bd 51, S 495. — [3]) Vegard, Ann. Phys. R 4, Bd 50, S 853. — [4]) Geitel, Phys. Z. 1916, S 455. — [5]) Gockel, Meteorol. Z. 1916, S 272, 544. — [6]) Blaschke, Das Weltall 1916, S 77. — [7]) Süring, Meteorol. Z. 1916, S 461. — [8]) Weber, ETZ 1916, S 267. — [9]) Scheelhaase, J. Gas. Wasser 1916, S 513. — [10]) Collum u. Logan, El. Masch.-Bau 1916, S 373.



Alphabetisches Namenverzeichnis.

ä, ö, ü und ae, oe, ue mit stummem e gelten in der Ordnung für a, o, u.

Alphabetisches Sach- und Ortsverzeichnis.